

# TRABAJO FIN DE GRADO

---

## DISEÑO, DESARROLLO Y PROTOTIPADO DE UNA MÁQUINA DE IMPRESIÓN 3D MULTIFUNCIONAL

Design, development and prototyping of a  
multifunctional 3D printer machine

Autor/es

**IÑAKI BERLANGA ARBEA**

Director

**DAVID RANZ ANGULO**

Codirector

**RAMÓN MIRALBÉS BUIL**

EINA – ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA – UNIZAR

GRADO EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO

Año 2016



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

D./D<sup>a</sup>. \_\_\_\_\_,

con nº de DNI \_\_\_\_\_ en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster)  
\_\_\_\_\_, (Título del Trabajo)

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, \_\_\_\_\_

Fdo: \_\_\_\_\_

## TRABAJO FIN DE GRADO

---

### DISEÑO, DESARROLLO Y PROTOTIPADO DE UNA MÁQUINA DE IMPRESIÓN 3D MULTIFUNCIONAL

Design, development and prototyping of a  
multifunctional 3D printer machine

DOCUMENTO :

# MEMORIA

## **RESUMEN PROYECTO:**

# **DISEÑO, DESARROLLO Y PROTOTIPADO DE UNA MAQUINA DE IMPRESIÓN 3D MULTIFUNCIONAL**

El presente trabajo final de grado (TFG) plantea el diseño de una maquina de impresión 3D multiherramienta con una estructura fija y 3 cabezales intercambiables; un extrusor doble, una mini fresadora y un corte laser. Todo el diseño se va a basar en la filosofía “RepRap” y partirá como base del modelo comercial “Prusa P3Steel”, adquirido a tal efecto, para su rediseño. Se ha escogido esta impresora por que ofrece la estructura “Prusa” mas estable y es la mas utilizada en el mundo “maker”. Dicha impresora utiliza hardware libre basado en Arduino, y para su utilización, existen multitud de softwares libres en el mercado. Los motivos para desarrollar este proyecto son mi afición personal por la impresión 3D, y el objetivo final será profundizar en el aprendizaje de dicha tecnología en todos sus niveles. Para la consecución de dichos objetivos, se ha seguido el siguiente cronograma de tareas.

Como punto de partida se estudiaron los componentes básicos de una impresora 3D, y posteriormente se realizo el montaje del modelo “Prusa P3Steel”, entiendo su forma de ensamblaje, funcionamientos mecánicos y electrónicos, calibración y puesta a punto.

Una vez analizados todos los elementos de la impresora, se realizo un estudio de mercado a fondo para analizar varios de los modelos comerciales existentes, dividiendo entre; impresoras 3D, mini fresadoras, maquinas de corte laser y maquinas multiherramientas. Gracias al estudio de mercado se descubrieron variados sistemas para solucionar cada especificación de la maquina, y de ellos se extrajeron unas conclusiones.

Con toda la experiencia adquirida en el montaje del modelo “Prusa P3Steel” y la información recabada en el estudio de mercado, se definieron las especificaciones que queremos incluir en nuestra maquina y los problemas que pueden generar. Posteriormente se analizaron las posibles soluciones técnicas, y se eligieron las que consideramos mas adecuadas.

Una vez resueltas las especificaciones, se procedió al diseño de todas las piezas y elementos propios, con el software de dibujo industrial “SolidWorks”. Dichas piezas, siguiendo la filosofía “RepRap”, se fabricaran en plástico PLA con la impresora “Prusa P3Steel”, para posteriormente ser utilizadas en el ensamblaje de la maquina multiherramienta junto a las piezas normalizadas necesarias. Se estudio el proceso de montaje y ensamblaje para que resultara cómodo e intuitivo para el usuario.

Para finalizar el proyecto, se construirá un prototipo funcional básico. Se describirán las conclusiones obtenidas y las posibles líneas de desarrollo futuro surgidas durante todo el trabajo.

Para una visualización mas comoda del documento MEMORIA, cada apartado del indice esta vinculado con su pagina, y para volver al indice, basta con pulsar sobre el numero de la pagina.



# ÍNDICE

## **C.1 – INTRODUCCIÓN..... pag..5 y 6**

1.1 – MOTIVACIÓN.....	pag..5
1.2 – FILOSOFÍA REPRAP.....	pag..5
1.3 – OBJETIVOS.....	pag..5
1.4 – ALCANCE .....	pag..5
1.5 – METODOLOGÍA.....	pag..6

## **C.2 – MONTAJE PRUSA P3STEEL ..... pag..7 a 9**

2.1 – ESTRUCTURA .....	pag..7
2.1.1 – CHASIS.....	pag..7
2.1.2 – BASE DE TRABAJO – EJE Y .....	pag..7
2.1.3 – CARRO HORIZONTAL – EJE X .....	pag..7
2.1.4 – CARROS VERTICALES – EJE Z .....	pag..8
2.2 – CAMA DE IMPRESIÓN .....	pag..8
2.3 – ELECTRÓNICA .....	pag..9
2.4 – EXTRUSOR .....	pag..9
2.5 – CONEXIONES ELÉCTRICAS .....	pag..9
2.6 – FIRMWARE .....	pag..9

## **C.3 – ESTUDIO DE MERCADO ..... pag..10 a 12**

3.1 – CONCLUSIONES ESTUDIO DE MERCADO.....	pag..10 a 12
3.1.1 – TAMAÑO DE LA MAQUINA .....	pag..10
3.1.2 – VOLUMEN DE TRABAJO .....	pag..10
3.1.3 – RESOLUCIÓN DE TRABAJO .....	pag..10
3.1.4 – TIPO DE ESTRUCTURA .....	pag..11
3.1.5 – TIPO DE CAMA CALIENTE .....	pag..11
3.1.6 – NIVELACIÓN DE CAMA CALIENTE.....	pag..11
3.1.7 – TIPO DE MESA DE TRABAJO .....	pag..11
3.1.8 – NIVELACIÓN DE MESA DE TRABAJO .....	pag..11
3.1.9 – EXTRUSORES .....	pag..11
3.1.10 – MOTORES FRESADORES .....	pag..12
3.1.11 – DIODOS LASER.....	pag..12
3.1.12 – INTERCAMBIO DE HERRAMIENTA.....	pag..12
3.1.13 – MATERIAL SOPORTADO .....	pag..12
3.1.14 – SISTEMAS DE TRANSMISIÓN .....	pag..12
3.1.15 – SISTEMAS DE tracción .....	pag..12
3.1.16 – INTERFACE Y CONECTIVIDAD .....	pag..12
3.1.17 – PRECIO .....	pag..12

**C.4 – ESPECIFICACIONES DE PRODUCTO..... pag..13 y 14**

4.1 – ESTRUCTURA .....	pag..13
4.2 – CARCASA .....	pag..13
4.3 – INTERCAMBIO DE HERRAMIENTA .....	pag..13
4.4 – EXTRUSOR .....	pag..13
4.5 – FRESADOR .....	pag..13
4.6 – DIODO LASER.....	pag..13
4.7 – CAMA DE IMPRESIÓN .....	pag..14
4.8 – MESA DE TRABAJO .....	pag..14
4.9 – SISTEMA DE tracción.....	pag..14
4.10 – SISTEMA DE TRANSMISIÓN.....	pag..14
4.11 – INTERFACE Y CONECTIVIDAD .....	pag..14
4.12 – ELECTRÓNICA .....	pag..14
4.13 – ILUMINACIÓN.....	pag..14

**C.5 – ANÁLISIS DE SOLUCIONES  
Y DISEÑO DE ELEMENTOS PROPIOS..... pag..15 a 38**

5.1 – LIMITACIONES DE IMPRESIÓN FDM .....	pag..15
5.2 – SISTEMA DE PIEZAS TIPO SÁNDWICH .....	pag..15 y 16
5.3 – ENSAMBLAJE DE PIEZAS METÁLICAS .....	pag..16
5.4 – SISTEMA DE TORNILLERÍA M3 E INSERTOS METÁLICOS .....	pag..16
5.5 – REDIMENSIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN.....	pag..17 y 18
5.6 – REDIMENSIÓN DEL SISTEMA DE TRACCIÓN .....	pag..19 y 20
5.7 – CARRO MULTIHERRAMIENTA – EJE X .....	pag..20 y 21
5.8 – EXTRUSOR .....	pag..21 y 22
5.9 – SISTEMA BOWDEN.....	pag..22 y 23
5.10 – FRESADORA.....	pag..23
5.11 – DIODO LASER.....	pag..24
5.12 – CARROS LATERALES – EJE Z .....	pag..24
5.13 – BASE DE TRABAJO – EJE Y .....	pag..25
5.14 – CAMA CALIENTE Y MESA DE TRABAJO .....	pag..26 y 27
5.15 – NIVELACIÓN IMPRESORA Y CORTE LASER .....	pag..28
5.16 – NIVELACIÓN FRESADORA.....	pag..28
5.17 – SISTEMA DE LIMPIEZA DE NOZZLE.....	pag..29
5.18 – SISTEMA ANTILACA – BUILD TAK .....	pag..29
5.19 – SISTEMA DE AGARRE DE PIEZAS A FRESAR .....	pag..30
5.20 – INTERFACE Y CONECTIVIDAD .....	pag..30
5.21 – SISTEMA DE ILUMINACIÓN .....	pag..30
5.22 – ESTRUCTURA .....	pag..31 y 32
5.23 – CARCASA .....	pag..32 a 38
5.23.1 – VOLUMEN DE TRABAJO .....	pag..33
5.23.2 – APERTURA FRONTAL.....	pag..34 y 35
5.23.3 – APERTURA TRASERA .....	pag..35
5.23.4 – ZONAS LATERALES.....	pag..35 y 36
5.23.5 – APERTURAS LATERALES.....	pag..36

5.24 – ELECTRÓNICA .....	pag..37 y 38
--------------------------	--------------

## **C.6 – ENSAMBLAJE DE LA MAQUINA..... pag..39 a 42**

<b>6.1 – ESTRUCTURA .....</b>	<b>pag..39</b>
<b>6.2 – BASE DE TRABAJO Y GUÍAS EJE Y.....</b>	<b>pag..39</b>
<b>6.3 – MOTORES Y GUÍAS EJE Z .....</b>	<b>pag..39</b>
<b>6.4 – CARCASA DELANTERA.....</b>	<b>pag..40</b>
<b>6.5 – CARRO MULTIHERRAMIENTA, CARROS VERTICALES Y GUÍAS EJE X .....</b>	<b>pag..40</b>
<b>6.6 – CARCASA TRASERA .....</b>	<b>pag..40</b>
<b>6.7 – CARCASAS LATERALES .....</b>	<b>pag..41</b>
<b>6.8 – ESTRUCTURA SUPERIOR Y SISTEMA BOWDEN.....</b>	<b>pag..41</b>
<b>6.9 – PUERTA FRONTAL Y TRASERA .....</b>	<b>pag..41</b>
<b>6.10 – ELECTRÓNICA .....</b>	<b>pag..42</b>

## **C.7 – PROTOTIPO FUNCIONAL.....pag..43**

## **C.8 – LÍNEAS FUTURAS DE DESARROLLO .....pag..44**

## **C.9 – CONCLUSIONES .....pag..45**

## **C.10 – IMÁGENES DE LA MAQUINA..... pag..46 a 48**

# **CAPITULO 1 : INTRODUCCIÓN**

## **1.1 – MOTIVACIÓN**

El presente proyecto se genera y sustenta en mi pasión por las tecnologías en general, y la impresión 3D en particular. Desde que vi y utilice una impresora 3D por primera vez, hace un año, me sentí atraído por esta tecnología y todas las posibilidades que ofrece. Con el paso del tiempo, investigue y descubrí otro tipo de maquinas de estructura similar, como fresadoras y cortadoras laser de escritorio. Desde ese momento, supe que mi TFG seria diseñar mi propia maquina.

## **1.2 – FILOSOFÍA REPRAP**

La filosofía “RepRap” es opensource y recibe su nombre de autoreplicante, por que son impresoras que utilizan piezas normalizadas imprescindibles, como rodamientos, motores, correas, etc, y el resto son piezas que pueden fabricarse con la propia impresora. La evolución de la filosofía introdujo la posibilidad de utilizar planchas cortadas y troqueladas de otros materiales (metales, metacrilato, madera), generalmente para la estructura. El diseño de estas piezas corre a cargo del usuario, y su fabricación debería hacerse en un taller externo.

## **1.3 – OBJETIVOS**

Los objetivos generales del proyecto son el aprendizaje de la tecnología 3D para aplicarlos en el rediseño de la impresora Prusa P3Steel, y convertirla en una maquina multiherramienta que sea impresora, fresadora y cortadora laser. Todas estas maquinas comparten el sistema de funcionamiento CNC de 3 ejes. La maquina deberá ser construible siguiendo la filosofía RepRap y utilizara un mismo chasis, sistemas de tracción, sistema de transmisión y sistema de control electrónico, y solo se intercambiara la herramienta.

## **1.4 – ALCANCE**

Se pretende conseguir una maquina con la estabilidad y robustez necesaria para permitir trabajar con las 3 herramientas. El sistema de intercambio deberá fijar perfectamente las herramientas a la maquina y ser cómodo para el usuario, sin necesitar utilizar elementos auxiliares como destornilladores o llaves.

El extrusor deberá ser doble, la fresadora poder trabajar maderas blandas y metacrilato, y el corte laser poder grabar y cortar papel, cartulina, cartón, cuero y espumas. Se diseñara un sistema de superficie de trabajo, ya que cada herramienta necesita unas condiciones. El sistema de nivelación deberá ser automático o semiautomático. Se emplearan en la medida de lo posible los sistema de tracción y transmisión de la maquina original, así como la parte electrónica. Para finalizar, se diseñara una carcasa que cierre toda la maquina

Se desarrollara un prototipo funcional básico, sin carcasa, para impresora 3D con extrusor doble y fresadora.

## 1.5 – METODOLOGÍA

Para la consecución de los objetivos descritos, vamos a utilizar los conocimientos adquiridos durante la titulación para desarrollar una metodología de diseño. En el siguiente diagrama de bloques se ven las fases y sus interdependencias



La metodología se ha diseñado para, primero, conocer en profundidad el funcionamiento de la maquina, tanto teórico como practico. Es entonces cuando se realiza el estudio de mercado, para aprovechar esa base de conocimiento en poder entender las maquinas a fondo y sacar las mejores conclusiones. Con los conocimientos teóricos y prácticos y el análisis del mercado se redactan las especificaciones de producto de la maquina. Dichas especificaciones se llevaran a cabo en el diseño, el ensamblaje y el funcionamiento de la maquina, las 3 fases mas interdependientes. Se desarrollara un prototipo funcional y se obtendrán unas conclusiones del proyecto.

## **CAPITULO 2 : COMPONENTES BÁSICOS Y MONTAJE DE PRUSA P3STEEL**

En este capítulo se van a describir los componentes básicos de una impresora 3D a través del montaje del modelo Prusa P3Steel, que nos sirve para entender de forma práctica la tipología de la máquina y su funcionamiento. Este aprendizaje nos ayudara en las próximas fases de diseño. En este capítulo se va a explicar de forma resumida el proceso de montaje, al no ser el objetivo principal del proyecto. Para poder ver el proceso de forma más detallada y con imágenes, consultar la página de la tienda online donde se adquirió

[http://wiki3despana.com/wiki3despana/index.php?title=P3Steel\\_Pro\\_V2](http://wiki3despana.com/wiki3despana/index.php?title=P3Steel_Pro_V2)

Para poder ver un resumen más detallado de los componentes básicos se dispone del *Anexo 1 Componentes básicos*.

### **2.1 – ESTRUCTURA**

#### **2.1.1 - CHASIS**

El chasis de la estructura está formado por piezas troqueladas en planchas de acero de 3mm de espesor. Para evitar necesitar escuadras o piezas de acople en el encaje de las distintas piezas de acero, se utiliza un sistema de machihembrado donde una pieza encaja dentro de otra, y un tornillo de M3 las presiona. Se observa que la distancia del eje Y está sobredimensionada para poder incluir bases de trabajo de 200x300mm, aunque el modelo comprado usa cama de 200x200mm. Podemos ver todo el chasis en la *imagen 1*



IMAGEN 1 Chasis

#### **2.1.2 - BASE DE TRABAJO – EJE Y**

La base de trabajo está formada por una pieza troquelada en plancha de acero de 3mm. Lleva 4 rodamientos lineales de 8mm colocados mediante otras piezas de acero, que se unen por tornillos de M3. Se montan sobre las varillas lisas del eje Y. Podemos ver toda la base en la *imagen 2*



IMAGEN 2 Base de trabajo

Para la tracción de la mesa de trabajo se usa un motor NEMA17, enganchado al marco por 2 piezas de acero de 3mm. La transmisión se realiza por correa dentada entre el motor y una polea, y se engancha a la mesa de trabajo con una pieza de plástico

#### **2.1.3 - CARRO HORIZONTAL – EJE X**

El carro horizontal es una pieza impresa en plástico donde se coloca el extrusor. Lleva alojamientos para 4 rodamientos lineales de 8mm, 2 en cada guía, que se aprietan mediante bridas. Para la tracción del carro se utiliza un motor NEMA17. Las 2 guías sobre las que se desplaza el carro están en el plano Z, y se desplazan sobre el con los carros verticales. Cuenta con un agarre para la correa del sistema de tracción. Se observa el carro en la *imagen 3*



IMAGEN 3 Carro eje X

### 2.1.4 - CARROS VERTICALES – EJE Z

Los carros verticales son 2 piezas impresas en plástico, una para cada lateral de la mesa de trabajo, en las que encajan las guías del eje X. En la pieza del lateral izquierdo se coloca el motor NEMA17 que tracciona la correa del eje X, y en el lateral derecho un tensor para la polea dentada del eje X. Se pueden ver los 2 carros en la *imagen 4* y el conjunto X y Z en la *imagen 5*



IMAGEN 4 Carros eje Z



IMAGEN 5 Conjunto carros Z y eje X

Los 2 carros se desplazan sobre el eje Z mediante 2 guías y 4 rodamientos lineales de 8mm, 2 en cada carro, que encajan por presión. Llevan un husillo que se ensambla con tornillos M3, que transforma el movimiento circular de las varillas trapezoidales en movimiento lineal. Los motores NEMA17 que transmiten el giro a las varillas se atornillan a una piezas del marco situadas en la parte baja de los laterales. Las guías y las varillas trapezoidales encajan en unas piezas del marco situadas en la parte alta de los laterales.

## 2.2 – CAMA DE IMPRESIÓN

Para el montaje de la cama de impresión comenzamos colocando el termistor en el agujero central que tiene la cama con cinta kapton, una cinta adhesiva con resistencia a altas temperaturas. Después colocamos la cama caliente, que es una placa PCB con una resistencia interna que recorre toda la superficie. Se observa en la *imagen 6*. Se ensambla con la base de trabajo mediante 4 tornillos M3, colocando un muelle dentro del tornillo, y 4 tuercas de apriete manual. Así podremos ajustar la altura de la cama desde las 4 esquinas. Se puede ver en la *imagen 7*.



IMAGEN 6 Cama caliente



IMAGEN 7 Detalle tornillo mas muelle



## 2.3 – ELECTRÓNICA

El montaje de la placa electrónica se realiza sobre el marco lateral izquierdo de la estructura, colocando unos topes entre ambas partes para dejar un espacio de separación. Los drivers de control de potencia de los motores se colocan en zócalos sobre la placa RAMPS. Por último, los finales de carrera se colocan en cada eje con unas piezas impresas con la forma adecuada, y se aprietan con bridas. En la *imagen 8* se observa la placa instalada



IMAGEN 8 Electrónica

## 2.4 – EXTRUSOR

El extrusor está formado por un motor NEMA17, que empuja el filamento hacia el hotend con un rodillo de arrastre. Utiliza un ventilador de capa que enfría el plástico al salir por la boquilla. Se ensambla con el carro horizontal mediante 2 piezas que lo abrazan, y lo presionan con tornillos M3. Para instalar el ventilador de capa, de 30 x 30 mm, se utiliza una pieza de plástico que se agarra a las piezas de plástico del extrusor con 2 tornillos M3. Se puede ver en la *imagen 9*

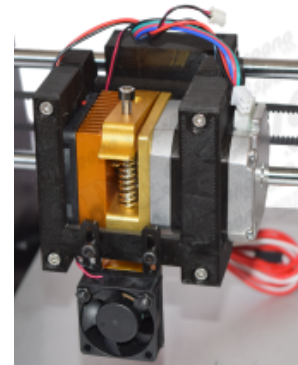


IMAGEN 9 Extrusor armado

## 2.5 – CONEXIONES ELÉCTRICAS

La máquina se alimenta desde una fuente de alimentación conmutada de 12V y 30A, que se coloca en el lateral derecho del marco. Las placas RAMPS se alimentan directamente de la fuente, y la placa Arduino se alimenta a través de la RAMPS. Se observa la fuente de alimentación en la *imagen 10*



IMAGEN 10 Fuente de alimentación

El resto de los componentes eléctricos se conectan con la RAMPS a través de distintos cableados, en función de las necesidades del componente.

## 2.6 – FIRMWARE

Una vez ensamblada toda la máquina, se debe cargar el firmware MARLIN a través del ID de Arduino. El firmware contiene todas las instrucciones para el correcto funcionamiento de la máquina. Se deben configurar las instrucciones relacionadas con el movimiento de los ejes, hasta que estén perfectamente calibrados. En la *imagen 11* se puede ver la máquina totalmente construida

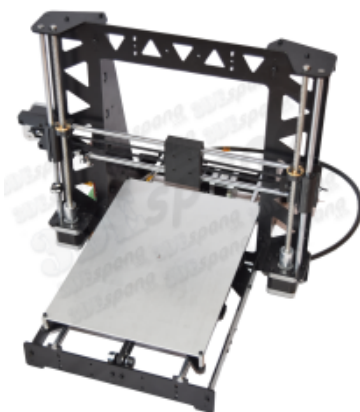


IMAGEN 11 Prusa P3Steel



## CAPITULO 3 : ESTUDIO DE MERCADO

El siguiente paso fue realizar un estudio de mercado a fondo para investigar los tipos de maquinas existentes. Se pretenden descubrir distintos sistemas y formas de resolver las especificaciones, para mejorar las fases posteriores de diseño.

El estudio se ha dividido en maquinas impresoras, fresadoras, cortadoras laser, y multiherramientas. Se han estudiado 14 impresoras, 11 fresadoras, 5 cortadoras laser y 5 maquinas multiherramienta, haciendo un total de 35 maquinas. Dentro de cada maquina, se han investigado las siguientes características

- |   |   |
|---|---|
| • Tamaño de la maquina                          | • Extrusor, motor fresadora, diodos laser |
| • Volumen de trabajo                            | • Intercambio de herramientas             |
| • Resolución de trabajo                         | • Material soportado                      |
| • Tipo de estructura                            | • Sistemas de tracción                    |
| • Tipo de cama caliente o mesa de trabajo       | • Sistemas de transmisión                 |
| • Nivelación de cama caliente o mesa de trabajo | • Interface                               |
|   | • Conectividad                            |
|   | • Precio                                  |

Por la extensión del estudio, en este capitulo solo se va a describir un resumen de las conclusiones obtenidas para cada característica de las maquinas. Para poder ver el estudio completo con sus conclusiones se dispone del *Anexo 2 Estudio de mercado*.

### 3.1 CONCLUSIONES

#### 3.1.1 – TAMAÑO DE LA MAQUINA

Existen maquinas de muchos tamaños diferentes, aunque todas con unas dimensiones máximas que les permiten llamarse "maquinas de escritorio". Lo aconsejable es que tenga las dimensiones mas pequeñas posibles, sin afectar a la funcionalidad de la maquina.

#### 3.1.2 – VOLUMEN DE TRABAJO

Un volumen de trabajo muy pequeño, menor de 100x100x100 mm, limita mucho las posibilidades de la maquina, pero puede ser suficiente para prototipado, por ejemplo, de joyas. En cambio, un volumen grande, a partir de 300x300x300mm, ofrece grandes posibilidades a la hora de realizar todo tipo de piezas, pero no todas las aplicaciones necesitan tanto espacio. El volumen de trabajo tiene que estar relacionado con la finalidad de la maquina

#### 3.1.3 – RESOLUCIÓN DE TRABAJO

En las **impresoras**, la resolución de trabajo esta relacionada con la elección del nozzle y la calibración general de la maquina. Con nozzles mas pequeños se pueden obtener resoluciones mayores, a cambio de ralentizar el proceso. Se pueden obtener resoluciones desde 0.8 mm a 0.1 mm.

En las **fresadoras** la resolución esta relacionada con la estabilidad y robustez de los sistemas de tracción y transmisión, con la potencia del motor y con la broca utilizada.

En las **cortadoras laser** no se indica la precisión de trabajo, por que la precisión de un laser en general es muy alta, en torno a 0,01mm.

### 3.1.4 – TIPO DE ESTRUCTURA

La estructura de la maquina cumple 2 funciones fundamentales, el chasis y el cerramiento. Las estructuras pueden ser en **T invertida**, formada por un marco vertical, cuadrado o rectangular, sobre el que se mueve la herramienta en los ejes X y Z, y una base horizontal sobre la que se mueve la mesa en Y. El otro tipo de estructura son **tipo cubo**. Tienen forma de prisma rectangular, con diferentes acabados estéticos. Construidas en perfiles o piezas de aluminio generando un chasis ligero y muy estable. La herramienta se mueve en el eje X e Y, y la mesa de trabajo se mueve en Z. La gran mayoría de maquinas usan esta estructura.

### 3.1.5 – TIPO DE CAMA CALIENTE

Puede ser fría o caliente. La caliente tiene una resistencia eléctrica capaz de llegar a los 110 o 120º. Es imprescindible que sea cama caliente para imprimir ABS, y recomendable para PLA y el resto de materiales. La superficie de impresión puede ser de metacrilato, cristal, silicona o aluminio. Necesitan un sistema para la adhesión del plástico impreso

### 3.1.6 – NIVELACIÓN DE CAMA CALIENTE

La nivelación de la cama caliente puede ser manual o automática. Las camas de nivelación **manual** llevan en sus 4 esquinas unos tornillos con muelles para poder subir o bajar su nivel. Para las camas con **auto nivel** se utilizan sensores laser, sensores inductivos y capacitivos, que miden la distancia entre el nozzle y la cama.

### 3.1.7 – TIPO DE MESA DE TRABAJO

Se suele utilizar una base de madera blanda o MDF, para poder intercambiarla cuando se haya deteriorado por su uso, pero también puede ser metálica. La mesa puede tener la superficie milimetrada, para ayudar a la colocación de la pieza.

### 3.1.8 – NIVELACIÓN DE MESA DE TRABAJO

Para nivelar la mesa de trabajo se utilizan lasers o sensores inductivos, que miden la distancia entre la herramienta y la pieza.

### 3.1.9 – EXTRUSORES

Existen distintos tipos de extrusor, en función de si son **simples o dobles**, y de donde tiene el **motor empujador**. Los simples solo pueden extruir un material a la vez. Los dobles pueden extruir 2 materiales a la vez, y puede ser independientes o ir unidos en un mismo bloque.

Dependiendo de su motor empujador pueden ser directos o bowden. Los **directos** montan el empujador junto con el hotend en un mismo elemento, y los **bowden** montan el motor al lado de la bobina de hilo, y lo empujan hasta el hotend a través de un tubo flexible.

### 3.1.10 – MOTORES FRESADORES

Existen 2 tipos de fresas para este tipo de maquinas, las de marcas externas que necesitan piezas para acoplarlas al carro, o las diseñadas propiamente para la maquina. La segunda parte de la herramienta es el mandril, que sirve para acoplar las herramientas de corte al motor.

### 3.1.11 – DIODOS LASER

Los diodos laser tienen una potencia en función de si van a cortar y grabar, o solo grabar. Para grabar sirve con una potencia de 1W o menos, pero para cortar se necesita mas potencia. En función de la potencia del laser y del tipo y espesor del material, se podrá cortar o no.

### 3.1.12 – INTERCAMBIO DE HERRAMIENTA

Para el intercambio de herramienta se utilizan carros con zócalos. Las herramientas encajan en los zócalos y se fijan por tornillería o clipaje.

### 3.1.13 – MATERIAL SOPORTADO

Existen multitud de plásticos para imprimir en 3D, desde el PLA básico, al ABS de mejores características mecánicas, al flexible, etc. Las fresadoras y los lasers son capaces de cortar y grabar en papel, cartulina, cartón, cuero, espumas y madera blanda.

### 3.1.14 – SISTEMAS DE TRANSMISIÓN

Existen 2 tipos de guías para el movimiento de los ejes, varilla redonda con rodamientos lineales o guías lineales planas con patines. Las guías lineales con patines son mas precisas, rápidas y silenciosas, pero también son mas caras.

### 3.1.15 – SISTEMAS DE TRACCIÓN

Los **sistemas de correa** ofrecen mayor velocidad de desplazamiento, pero una menor precisión ya que la correa sufre desgaste, se puede destensar, y puede que el motor no tenga fuerza suficiente para frenar su inercia.

Los sistemas de **varilla trapezoidal con husillo** ofrecen una gran precisión de movimiento y menor necesidad de mantenimiento al ser una varilla metálica que sufre poco desgaste, pero por contra son mas lentos.

### 3.1.16 – INTERFACE Y CONECTIVIDAD

Existen multitud de interfaces distintas en las maquinas analizadas, incluso maquinas que no cuentan con interface propia. Tener o no interface no repercute en la calidad de trabajo de la maquina, pero si en la comodidad del usuario a la hora de trabajar con ella. El puerto USB se encuentra en el 100% de las maquinas, y a partir de ahí existen otros soportes como lector de tarjeta SD, red ethernet, o wifi. No es imprescindible que tenga cada una de ellas.

### 3.1.17 – PRECIO

Los precios varían mucho en función del tipo de maquina y sus características. Las hay desde menos de 1000 euros, hasta mas de 10000.

## **CAPITULO 4 : ESPECIFICACIONES DE PRODUCTO**

Llegados a este punto del proyecto, con todo el conocimiento adquirido en las etapas previas, estamos en condiciones de empezar las fases de diseño. El primer paso fue estudiar y definir las especificaciones de producto que queremos añadir a la maquina, diferenciando entre críticas y deseables. Para una mejor comprensión, se van a segmentar en las distintas características y elementos de la maquina. En este capítulo podemos ver un resumen, para ver la totalidad se dispone del *Anexo 3 Especificaciones de producto*

### **4.1 - ESTRUCTURA**

La estructura tiene que tener la estabilidad y robustez necesarias para poder realizar impresión, fresado y corte laser, teniendo en cuenta que la fresadora tiene mayores necesidades mecánicas. El chasis deberá estar realizado en chapa de acero de 3mm, utilizar el menor numero de piezas, y reutilizar todas las piezas posibles de la estructura original.

### **4.2 – CARCASA**

Toda la carcasa deberá fabricarse con piezas impresas y planchas de metacrilato, para poder ver el funcionamiento de todos los componentes de la maquina. La carcasa será completamente cerrada para evitar accidentes mientras trabaja, pero tendrá sistemas de apertura para acceder a todos los componentes

### **4.3 - INTERCAMBIO DE HERRAMIENTAS**

El carro multiherramienta deberá conseguir un anclaje perfectamente rígido de cada herramienta, a ser posible, sin necesidad de herramientas auxiliares como destornilladores o llaves. Para las conexiones eléctricas, utilizar un conector único que sirva para todas las herramientas. Este conector deberá ir fijo en el propio carro, y cada herramienta tener el cable justo

### **4.4 – EXTRUSOR**

Deberá ser un extrusor doble y no perder volumen de impresión. El nozzle tendrá un sistema de limpieza automático, y se diseñara un sistema de refrigeración de capa. El sistema de extrusión será bowden

### **4.5 – FRESADORA**

Se utilizara un motor de corriente continua, de una potencia suficiente para trabajar sobre madera de balsa, MDF y metacrilato. Deberá tener un sistema de mandril para poder utilizar diferentes brocas.

### **4.6 - DIODO LASER**

El laser tendrá una potencia suficiente para cortar y grabar papel, cartulina, cartón, cuero y espumas. Deberá tener unas gafas de seguridad o construir la carcasa con metacrilato de protección para evitar daños en los ojos

## **4.7 - CAMA DE IMPRESIÓN**

La cama deberá ser caliente. Llevará una plancha de corcho de 3mm por la parte de abajo para mejorar la inercia térmica. La nivelación deberá ser semiautomática o preferiblemente automática y se diseñará un sistema de aplicación de laca para imprimir.

## **4.8 - MESA DE TRABAJO**

La superficie de trabajo para la fresadora y el laser deberá ser de algún material desechable, para reemplazarlo en caso de desgaste. La nivelación deberá ser automática o preferiblemente automática. Se diseñará un sistema de fijación de las piezas a fresar.

## **4.9 - SISTEMA DE TRACCIÓN**

El sistema de tracción deberá ejercer toda la potencia necesaria, teniendo en cuenta las necesidades de la fresadora. Se deberá utilizar en la medida de lo posible el sistema de la maquina original

## **4.10 - SISTEMA DE TRANSMISIÓN**

El sistema de transmisión deberá permitir un correcto desplazamiento en todos los ejes, teniendo en cuenta el aumento del peso en el eje X por el sistema multiherramienta. Se deberá utilizar en la medida de lo posible el sistema de la maquina original

## **4.11 - INTERFACE Y CONECTIVIDAD**

Se incluirá una pantalla grafica con sistema de control manual y puerto USB o miniSD. Así se podrá utilizar la maquina de forma autónoma, sin necesidad de PC.

## **4.12 – ELECTRÓNICA**

Se diseñará un diagrama de bloques con las funciones para que el usuario utilice la maquina. Al ser un tema de electrónica y programación, fuera del alcance de la titulación, no se definirá el funcionamiento.

## **4.13 – ILUMINACIÓN**

Se instalara un sistema de iluminación LED para toda la zona de trabajo, y para la superficie de impresión, para poder comprobar el funcionamiento de la maquina y realizar calibraciones.

## CAPITULO 5 : ANÁLISIS DE SOLUCIONES Y DISEÑO DE ELEMENTOS PROPIOS

A partir de este capítulo comienza la fase propia de diseño. Se ha seguido una metodología basada en una primera fase de bocetaje a mano, para definir las primeras formas y cotas, que servirán para pensar en la pieza y su geometría en tres dimensiones. Después se procede a la fase de bocetaje digital, para lo que usamos el software de diseño industrial “SolidWorks”. En esta fase terminamos de dibujar por completo las piezas, definimos la forma y las necesidades de tornillería y acople para el ensamblaje con el resto de piezas. La utilización del software de diseño industrial ha sido fundamental para la realización del proyecto. Poder ver la recreación virtual de la máquina ha medida que se iba diseñando ayudaba a tener una perspectiva global del diseño. Hay muchos elementos que están relacionados entre sí, por lo que en cada apartado de diseño nos centraremos en uno, pero hablaremos de varios.

### 5.1 – LIMITACIONES DE IMPRESIÓN FDM

La tecnología de impresión 3D utilizada en estas máquinas es FDM, material de deposición fundido. Esta tecnología tiene una gran limitación, que debemos conocer para el correcto diseño de las piezas. Al ir depositando material, siempre tiene que tener donde apoyarse. Se comienza imprimiendo sobre la cama caliente, y de ahí se sube en capas que apoyan sobre la capa anterior. El material es capaz de depositarse sin problemas hasta ángulos de 45°, pero a partir de ahí se descuelga. Se generan 2 posibles situaciones críticas, los puentes y los voladizos. Se puede observar en la *imagen 12*

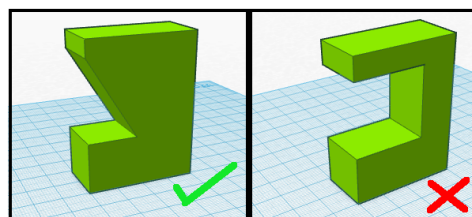


IMAGEN 12 Regla de 45°

Para solucionar estos puntos críticos, el software de impresión “Slic3r” realiza 2 tareas. Activa el ventilador de capa, para enfriar el plástico nada más salir del nozzle, que solidifique rápido y evitar que descuelgue. También genera soportes impresos que se quitan una vez se ha terminado la pieza. La utilización de puentes puede dejar pequeños fallos de calidad superficial, así que hay que minimizar su uso.

### 5.2 – SISTEMA DE PIEZAS TIPO SÁNDWICH

Para la fabricación de las piezas del carro multiherramienta y los carros verticales se necesitaba aunar resistencia mecánica y ligereza. Fabricarlos completamente en plástico, como las piezas originales, no ofrecía la resistencia necesaria. Fabricarlos completamente en aluminio sería una buena solución, pero aumentaría mucho el precio de las piezas y nos saltaríamos la filosofía RepRap. Pensando en la forma de construcción más extendida del mundo, el hormigón armado, se piensa en utilizar un sistema tipo sándwich de aluminio y plástico. El plástico hará las veces del hormigón, y el aluminio las veces del acero.

Se utilizarán chapas de aluminio troquelado de 2mm que se ensamblarán por machimbrado, formando un esqueleto que dará resistencia a tracción. Sobre el aluminio se colocarán piezas de plástico que darán forma al componente, y aportarán

resistencia a compresión. El componente se ensamblara por completo utilizando tornillería de M3.

### 5.3 – ENSAMBLAJE DE PIEZAS METÁLICAS

Para conseguir que el ensamblaje entre las piezas metálicas sea preciso y fuerte, sin dificultar al usuario la labor de montaje, se han añadido tolerancias de 0,1mm y se han redondeado todas las esquinas. Se sigue utilizando el mismo sistema que la impresora original, uniendo chapa con chapa sin necesidad de escuadras. *Imagen 13 e imagen 14.*



IMAGEN 13 Tolerancia hembra

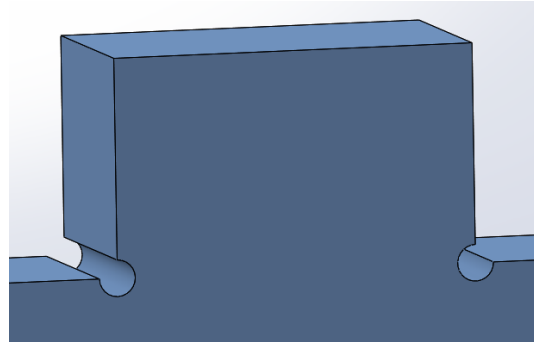


IMAGEN 14 Tolerancia macho

### 5.4 – SISTEMA DE TORNILLERÍA M3 E INSERTOS METÁLICOS

Para el ensamblaje de las distintas piezas de plástico, se decide utilizar insertos metálicos de M3. Estos insertos son roscas hembra, que se instalan en las piezas de plástico por medio de calor, que funde el plástico, y al solidificarse, agarra el inserto. Así podemos realizar el montaje de la maquina sin necesidad de utilizar 2 herramientas auxiliares, para tornillo y tuerca, al solo tener que apretar los tornillos sobre los insertos, que están fijos. En cada unión se dejara hueco para la cabeza de los tornillos, y junto a los insertos metálicos, conseguimos uniones enrasadas planas. *Imagen 15.*



IMAGEN 14 Inserto metálico

## 5.5 – REDIMENSIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN

El primer punto a analizar en el sistema de transmisión es el eje X. En el modelo original, el extrusor ataca en el eje Z, y se agarra al carro también en el eje Z. Al incluir el motor fresador, que pesa 1,1 kg, mas las reacciones mecánicas que se generan durante el fresado, las 2 guías verticales de 8mm de diámetro son insuficientes para evitar que flexen. Se observa en la *imagen 16*. Podrían utilizarse guías de mayor diámetro, pero como todas las herramientas atacan en el plano vertical Z, la mejor forma de ganar estabilidad es agarrarlas en el plano horizontal X. Observar *imagen 17*. Para ello se decide añadir una guía mas al eje X, generando 2 planos de apoyo para las herramientas, en X y en Z, ganando en estabilidad y evitando posibles flexiones. Se puede ver en la *imagen 18* y la *imagen 19*.

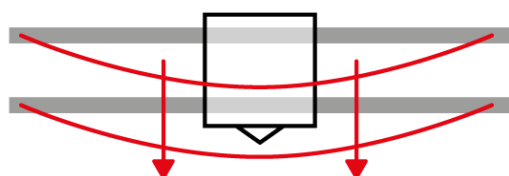


IMAGEN 16 Guías eje X flexan

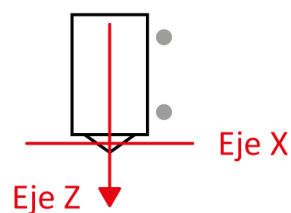


IMAGEN 17 Ataque eje Z, apoyo eje X

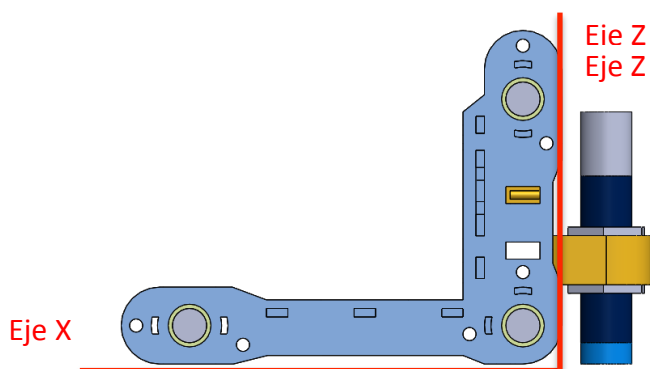


IMAGEN 18 Perfil carro apoyo en Z y X

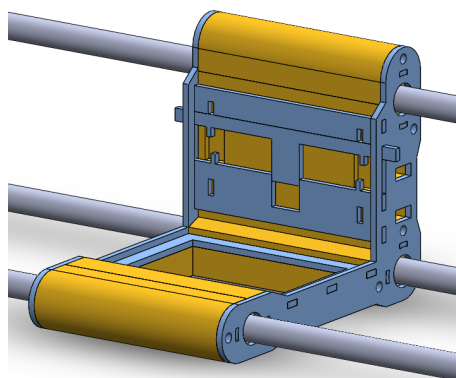


IMAGEN 19 Carro con 3 guías

Analizamos la transmisión en el eje Z, donde originalmente solo hay 1 guía de 8mm de diámetro en cada lado. Al aumentar las dimensiones del sistema de transmisión en X, debemos aumentar la fuerza del eje Z para formar un conjunto estable. Para ello añadimos una guía mas de 8mm en cada lado, y las separamos para acoger las guías de X. Se pueden ver los cambios en la *imagen 20* e *imagen 21*.

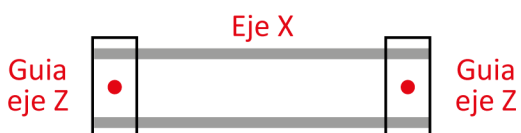


IMAGEN 20 Guía en eje Z

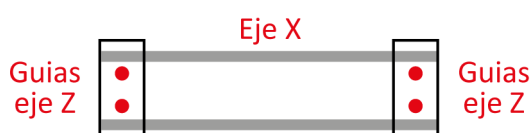


IMAGEN 21 Guías en eje Z



En el eje Y, que tiene las guías mas largas y en el mismo plano, se podrían utilizar guías planas que se atornillan a lo largo de su recorrido. Por supuesto se descarta la idea, pero se colocaran 2 piezas de anclaje impresas, una en cada extremo, donde la cama termina su recorrido. Así conseguimos mejorar la fuerza en conjunto de las 2 guías. Se puede ver la pieza en la *imagen 22*. En la *imagen 23* se observa el sistema de transmisión de los 3 ejes.

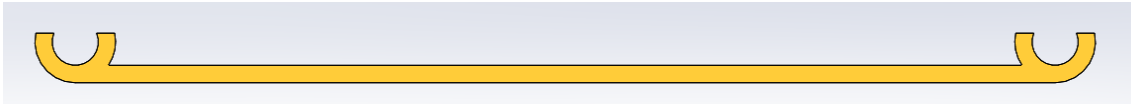


IMAGEN 22 Agarre guías eje Y

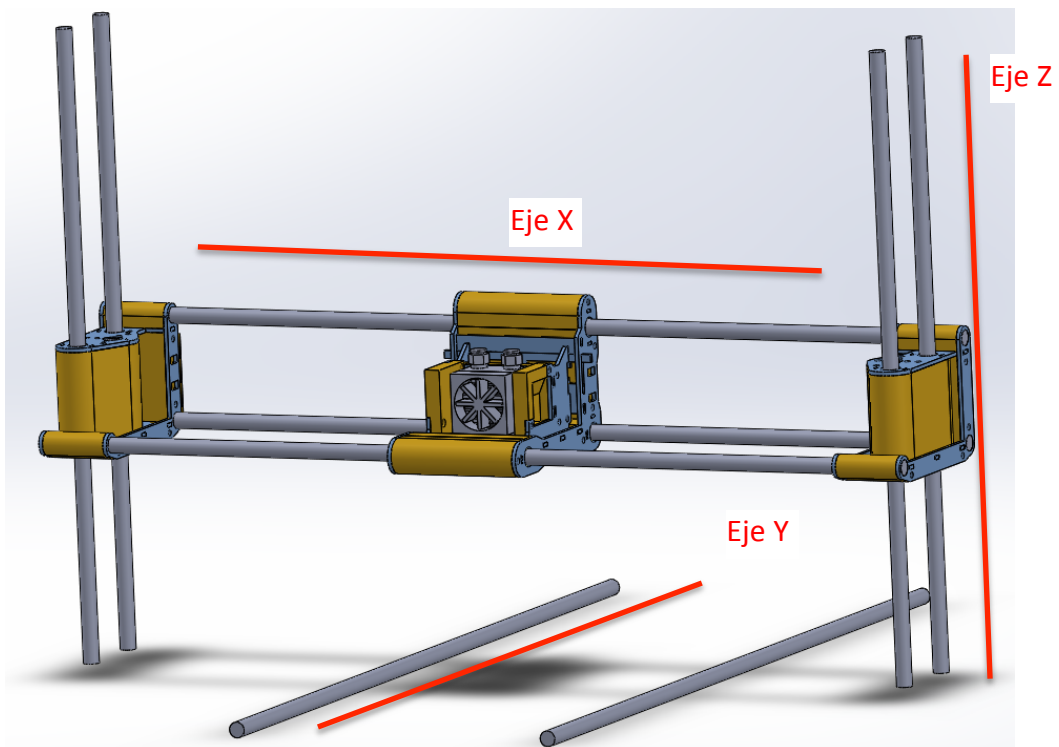


IMAGEN 23 Transmisión 3 ejes

En todos los ejes se seguirán utilizando rodamientos lineales de 8mm, que se instalaran dentro de tubos de aluminio de 1,5mm de grosor para asegurarnos su alineado, *imagen 24*. Para doblar la precisión de desplazamiento, se cambian los drivers originales A4988 de los motores, de 16 micropasos, por unos DRV8825, que tiene 32 micropasos.

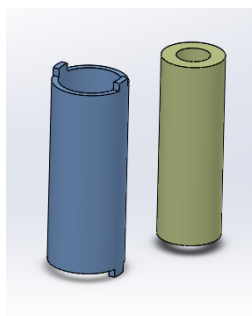


IMAGEN 24 Rodamientos entubados

## 5.6 – REDIMENSIÓN DEL SISTEMA DE TRACCIÓN

El sistema de tracción se va a mantener igual en el eje Y, pero se va a diseñar un tensor con rodamiento para la correa. Se ve en la *imagen 25*. En el eje X se va a cambiar la posición del motor, pasando de estar en la parte exterior del carro vertical izquierdo, a estar en la parte interior. Con esto conseguimos acortar la distancia de la correa de tracción, *imagen 26*. El rodamiento va a pasar de estar en la zona exterior del carro vertical derecho, a incluirse dentro del propio carro, *imagen 27*. El tensor de la correa se incluye dentro del carro muntiherramienta, *imagen 28*, y se ajustara con 2 tornillos M3. Con estos 3 cambios ganamos en estética al quedar todo el eje X dentro del conjunto de la maquina. Se puede observar en la *imagen 29* e *imagen 30*.

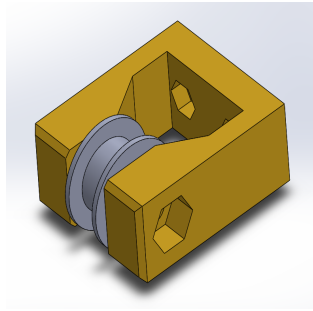


IMAGEN 25 Tensor eje Y

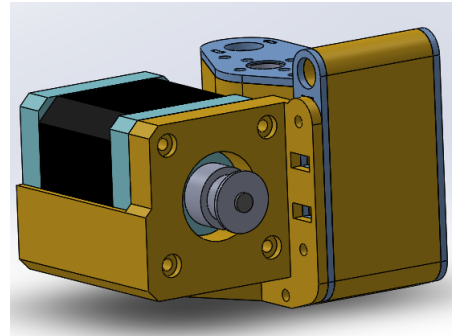


IMAGEN 26 Motor eje X

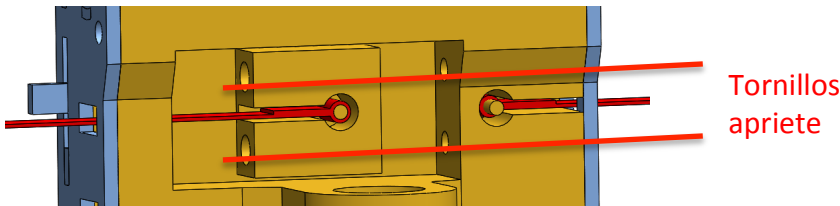


IMAGEN 28 Tensor eje X

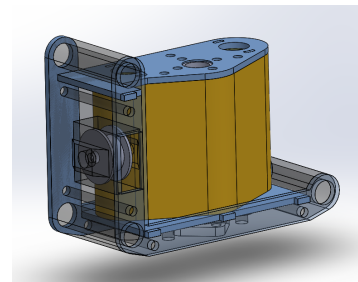


IMAGEN 27 Rodamiento eje X

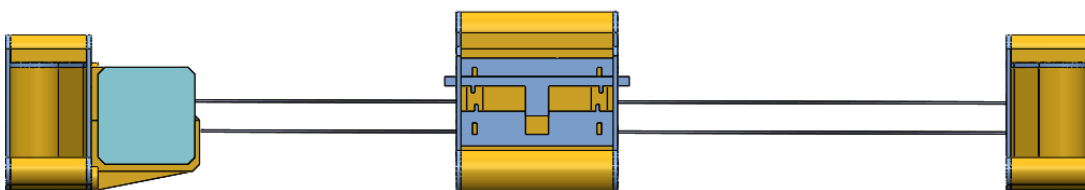


IMAGEN 29 Tracción eje X

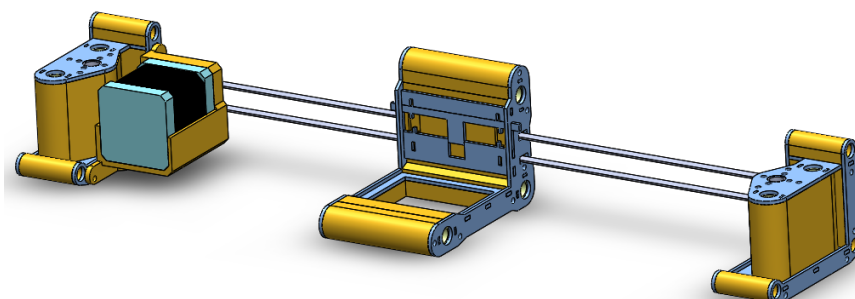


IMAGEN 30 Tracción eje X

En el eje Z vamos a incluir unos rodamientos radiales, *imagen 31*, en la parte superior de la estructura, para asegurarnos de que las varilla trapezoidales están perfectamente alineadas. Para dar mayor superficie de apoyo y evitar problemas de holguras, se utilizaran 2 husillos por varilla trapezoidal, *imagen 32*.



IMAGEN 31 Rodillos eje Z

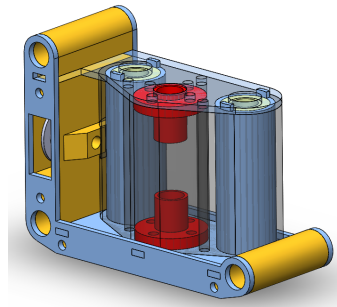


IMAGEN 32 Husillos eje Z

Para aumentar la potencia de los motores y asumir el peso añadido en el rediseño, se cambian los drivers originales A4988, de 1 amperio, por unos DRV8825, de 1,8 amperios

## 5.7 – CARRO MULTIHERRAMIENTA – EJE X

El carro debe poder incluir las herramientas. Para ello se coloca una abertura central, donde la herramienta apoyara, a la vez que le permitirá trabajar, *imagen 33*. Para fijar cada herramienta de una forma estable, hay que restringir el movimiento en los 3 ejes.

Se han diseñado 6 piezas de aluminio de 2mm, y una pieza central de plástico. En las piezas de aluminio se colocan unas ranuras troqueladas, donde encajaran las piezas de aluminio de las herramientas, *imagen 34*. Una de las ranuras será móvil, con un sistema de muelles, para poder apretar y soltar las herramientas en el momento de cambiarlas, *imagen 35* e *imagen 36*.

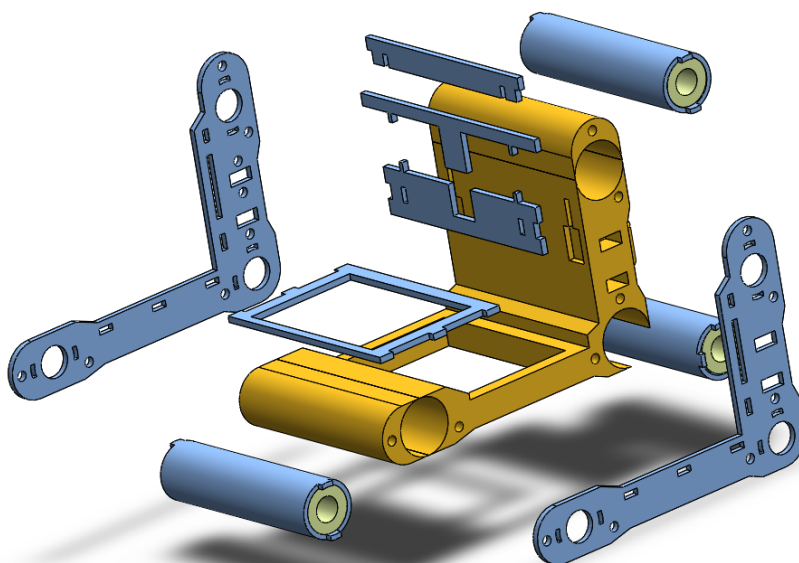


IMAGEN 34 Explosión carro multiherramienta

En la parte central trasera de la pieza de plástico, se incluye un agarre y un tensor para la correa de tracción del eje X, y un soporte para sensor de auto nivel del eje Z. En la parte superior del carro estará el conector eléctrico, *imagen 37*.

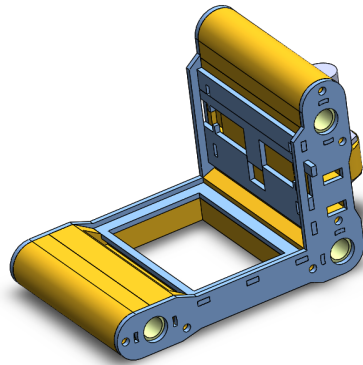


IMAGEN 33 Apoyo y trabajo herramientas

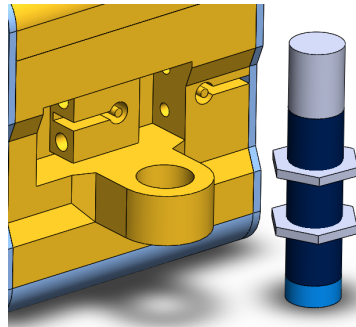


IMAGEN 37 Sensor autonivel

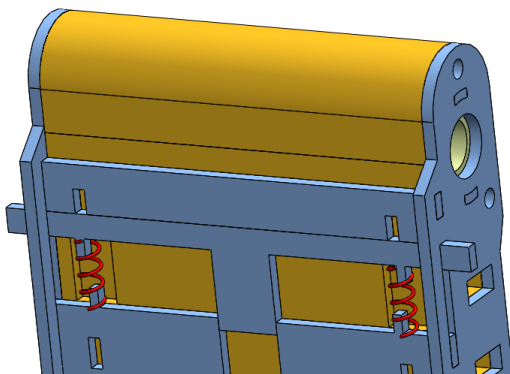


IMAGEN 35 Pieza agarrada

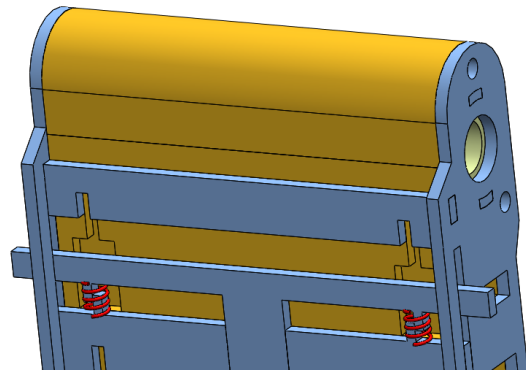


IMAGEN 36 Pieza liberada

## 5.8 – EXTRUSOR

Para el extrusor se ha decidido adquirir el modelo E3D Chimera, *imagen 38*. Es un extrusor doble, de dimensiones muy pequeñas, perfecto para nuestra maquina. Se ha modelado en solidworks para poder adaptarle un sistema de agarre.

El agarre consta de 3 piezas de aluminio y una pieza central de plástico, *imagen 39*. Las 2 piezas laterales de aluminio sirven para el anclaje en el carro multiherramienta. Todo el conjunto se aprieta con tornillería M3

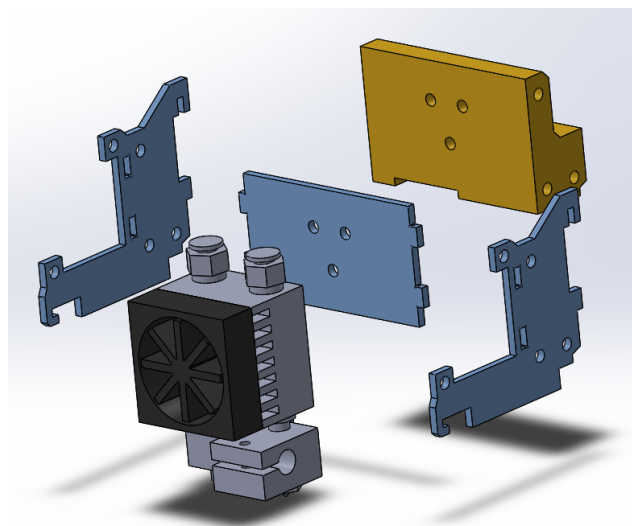


IMAGEN 39 Explosión agarre extrusor

Para poder optar en impresiones rápidas a calidad media, e impresiones lentas a gran calidad, se han adquirido 2 hotends modelo vulcano para completar los 2 hotends originales del extrusor. El hotend vulcano es mas alto y tiene mas superficie caliente, ayudando a imprimir mas rápido. También se han adquirido nozzle de 0,25 mm de diámetro en acero inoxidable, para poder imprimir a resoluciones máximas de 0,1mm. Se pueden ver en la *imagen 40*.



IMAGEN 38 Extrusor Chimera

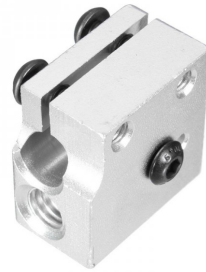


IMAGEN 40 Hotend Vulcano y nozzle 0,25mm



Sobre las piezas laterales de aluminio también se ensamblan los 2 ventiladores de capa, uno a cada lado, con sus conductos para dirigir el aire hacia la punta del nozzle. Existen conductos cortos para el hotend original, y conductos largos para los hotends vulcano. Los conductos se fijan al bloque extrusor por un tornillo de M3. Se puede observar en la *imagen 41* e *imagen 42*. En la *imagen 43* se puede ver el conjunto completo

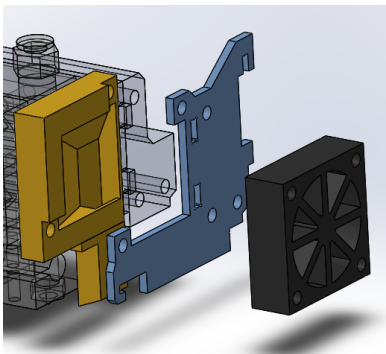


IMAGEN 41 Ventilación capa

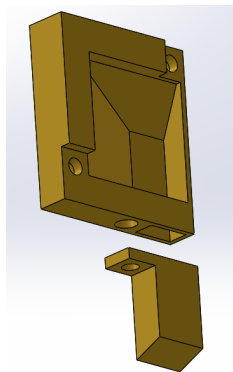


IMAGEN 42 Conducto intercambiable

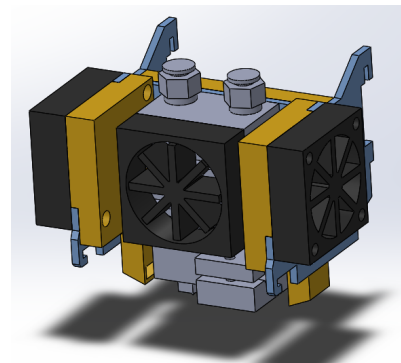


IMAGEN 43 Extrusor completo

## 5.9 SISTEMA BOWDEN

Para completar el sistema de extrusión se utiliza empuje bowden. Los motores de empuje se encuentran en la parte superior trasera de la estructura. Envían el filamento desde las bobinas al extrusor con un rodillo dentado, a través de unos tubos de teflón, *imagen 44* e *imagen 45*. Se agarran a la estructura por tornillería de M3. A diferencia del modelo original donde se agarra al carro X de plástico y tiene holguras, queda totalmente estable.

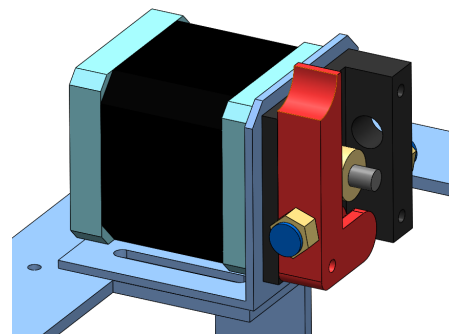


IMAGEN 44 Sistema empuje

Para colocar las bobinas de plástico, se diseña un sistema de apoyo, formado por una base y 2 rodillos que se unen por tornillería de M3. Las bobinas de filamento girarán sin dificultad sobre los rodillos. Se puede ver en la *imagen 46*.



IMAGEN 45 Tubo teflón

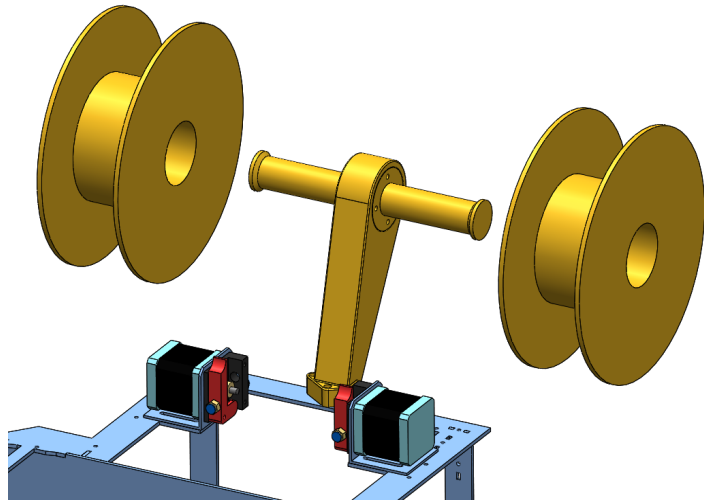


IMAGEN 46 Sistema bowden y apoyos bobina

## 5.10 - FRESADORA

Para la fresadora se ha escogido un motor genérico de corriente continua de 500W con un rango de revoluciones de 3000 a 12000 rpm. Esta potencia y velocidad es suficiente para fresar maderas blandas y metacrilato. El motor cuenta con un mandril ER11, para poder utilizar brocas de distintos tipos y tamaños, y un ventilador de refrigeración. Para la elección del fresador se pidió asesoramiento a Francisco José Brosed y Francisco Fandos, profesores del departamento de diseño y fabricación. El motor se puede ver en la *imagen 47*.



IMAGEN 47 Motor fresadora

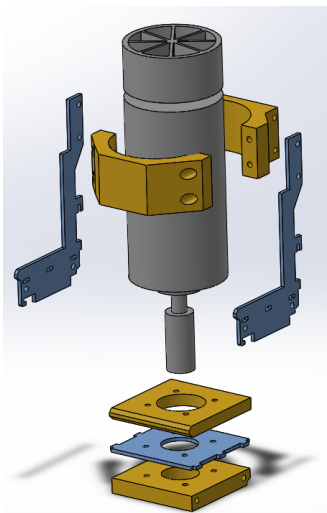


IMAGEN 48 Agarre fresadora

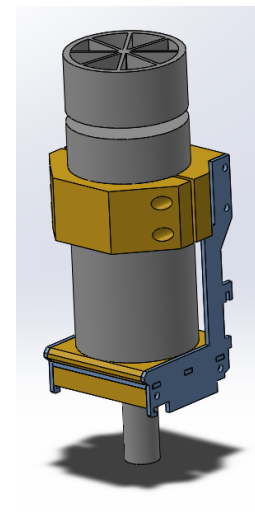


IMAGEN 49 Agarre fresadora

Para el agarre del motor se han diseñado 3 piezas de aluminio, 2 laterales y una central, y 4 de plástico, 2 para la base y 2 para la parte alta, *imagen 48*. El motor se agarra por tornillería a la pieza horizontal de aluminio, y a las piezas laterales, que son altas para poder tener 2 puntos de anclaje y evitar movimientos durante el trabajo. Todo el conjunto se aprieta con tornillería M3, *imagen 49*.



## 5.11 – DIODO LASER

Para el corte laser se ha escogido un diodo de luz azul de 2.5W y 445 nm de frecuencia de onda. Consta con un gran disipador y ventilador para refrigeración, *imagen 50*. El laser es capaz de grabar sobre papel, cartulina, cartón, cuero y maderas, y capaz de cortar papel, cartulina, cartón y espumas como el poliestireno.

Para el agarre del diodo laser se han diseñado 2 piezas de aluminio para los laterales, y una pieza central de plástico como base horizontal, *imagen 51*. Todo el conjunto se aprieta con tornillería M3



IMAGEN 50 Diodo laser 2.5W

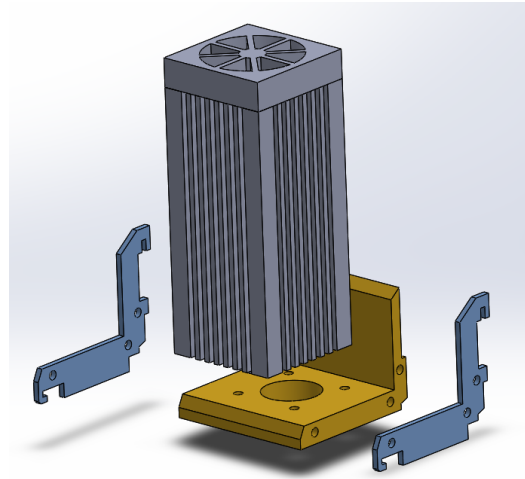


IMAGEN 51 Despiece agarre laser

## 5.12 – CARROS LATERALES - EJE Z

Los carros laterales permiten el movimiento del carro multiherramienta en el eje Z. En un principio se diseñaron con laterales cuadrados, pero una de las esquinas era innecesaria al no incluir guía de transmisión, y el peso y volumen del conjunto era muy grande, *imagen 52*.

El conjunto final se ha diseñado con 4 piezas de aluminio, 2 horizontales y 2 laterales, y una pieza central de plástico, *imagen 53*. Lleva las 2 guías de transmisión en los laterales, y el husillo de tracción en el centro, *imagen 54*. Las formas se adaptan a la posición de los rodamientos y los husillos, para mantener las necesidades mecánicas y aligerar el peso. En el carro izquierdo se acopla el motor de tracción del eje X, y en el carro derecho la polea de transmisión. Todo el conjunto se aprieta con tornillería M3. Se puede observar en el *apartado 6.3 Sistema de tracción* de este documento

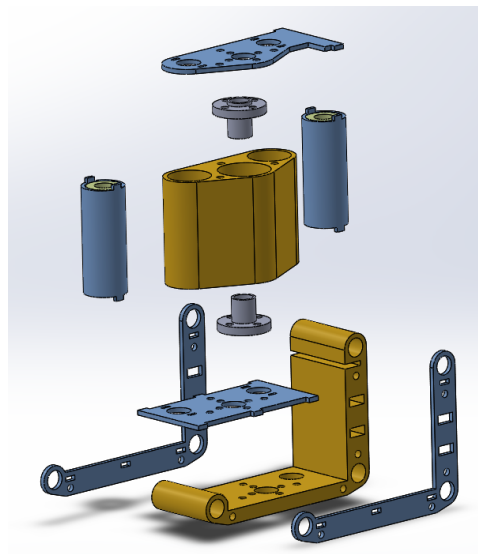


IMAGEN 53 Despiece carros Z

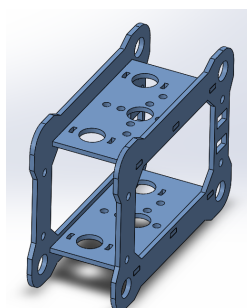


IMAGEN 52 Primer diseño carros Z

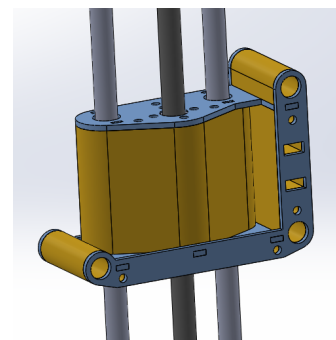


IMAGEN 54 Carro Z con guías y varilla trapezoidal

### 5.13 – BASE DE TRABAJO – EJE Y

La cama de impresión y la mesa de trabajo van a ser desmontables. Para ello se piensa en incluir un sistema de anclaje en los laterales de la base de trabajo, pero la estructura no permite usar ese espacio. Se investiga la estructura, y se ve que la parte delantera del chasis si permite utilizar mas espacio, y además contamos con los 100mm de espacio libre del eje Y. Se decide que la base sea mas ancha en su parte delantera para incluir los anclajes a los lados, y que los anclajes traseros se coloquen detrás. Se puede observar en la *imagen 55* e *imagen 56*.

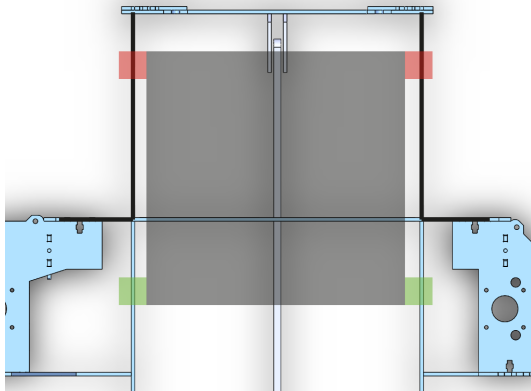


IMAGEN 55 Posición errónea agarres

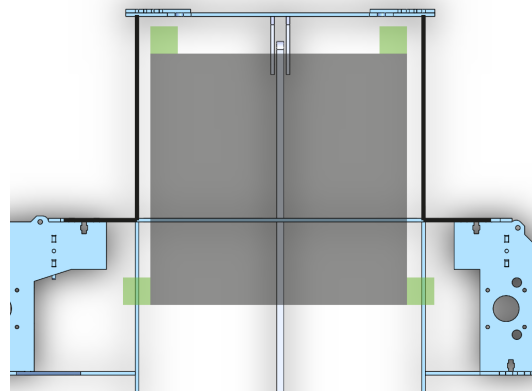


IMAGEN 56 Posición correcta agarres

Para la base de trabajo se ha diseñado una plancha de acero de 3mm de espesor, que se instalara sobre las guías del eje Y con unos rodamientos encapsulados de 8mm, *imagen 57*. En la parte de debajo se incluirá una pieza de plástico que servirá de agarre de la correa del eje Y.



IMAGEN 57 Rodamiento lineal encapsulado

En la parte de arriba de la base se instalan 4 piezas de plástico en las esquinas, que sirven de apoyo para poner la cama caliente y la mesa de trabajo. Estas piezas están preparadas para amordazar la cama y la mesa, con una garra que se aprieta por medio de un tornillo con muelle. Se puede observar en la *imagen 58* e *imagen 59*.

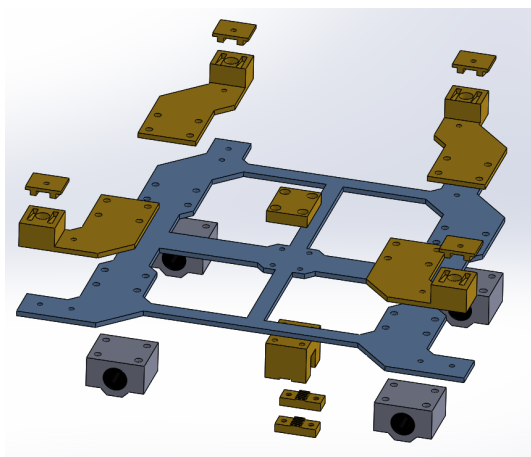


IMAGEN 58 Despiece base de trabajo

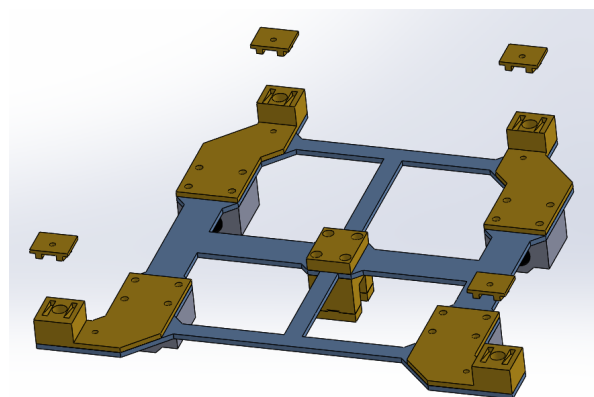


IMAGEN 59 Base de trabajo



## 5.14 – CAMA CALIENTE Y MESA DE TRABAJO

La cama caliente se va a utilizar para imprimir, y la mesa de trabajo para fresar y el corte laser. En un principio se pensó en hacer las 2 superficies por separado, que se pondrían y quitarían de la base de trabajo. Se decide hacerlas juntas, la cama por un lado y la mesa por el otro. Es un método cómodo para el usuario, no tiene que buscar un espacio para dejar la superficie que no se utilice, y se ahorra material.

Se diseña una plancha de acero de 3mm, sobre la que se instala la cama caliente por un lado, y la mesa de trabajo por otro. Para engancharlo a la base de trabajo, se diseñan unos salientes con ranura abierta, donde encajara la mordaza con tornillo y muelle de la base de trabajo. Ver *imagen 60* e *imagen 61*. Para no necesitar tuerca, se pasaran unos machos de M3 a la plancha de acero. Los enganches de delante son mas largos para tener una pequeña solapa que ayude a la colocación de la plataforma. Se encajan primero los 2 topes de delante, y después los 2 de atrás. Ver *imagen 62*. Así no tenemos que meter los 4 topes a la vez. Al usar el tornillo con muelle en las mordazas, le podemos dar unos milímetros de juego por si tuviéramos que nivelar alguna esquina de la cama caliente, y si apretamos los tornillos a tope, la cama se queda fija, para la fresadora y el corte laser. Gracias al sensor de nivel, para la impresora lo mas aconsejable también será dejar la cama fija

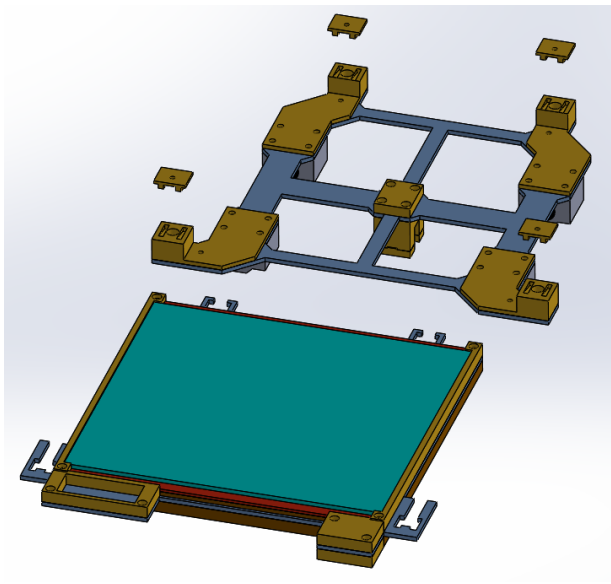


IMAGEN 62 Enganche base y superficie trabajo

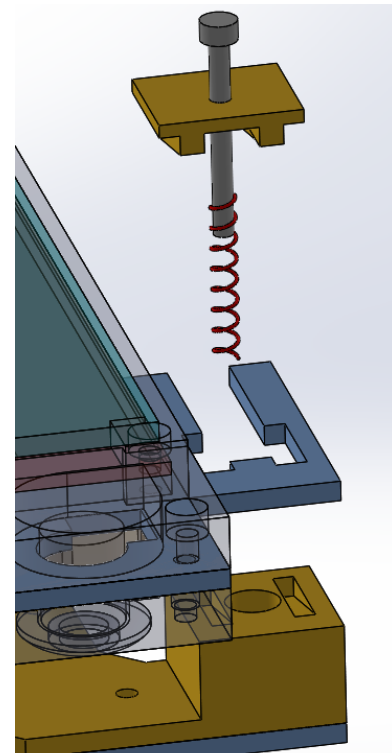


IMAGEN 60 Detalle 1 mordaza

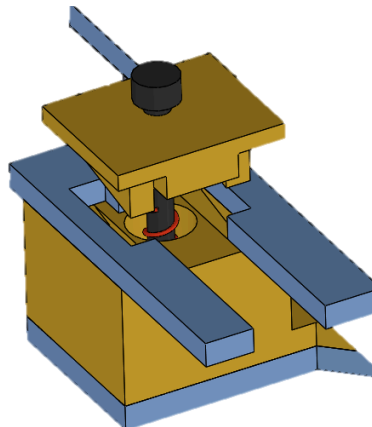


IMAGEN 61 Detalle 2 mordaza

Como la cama caliente y la mesa de trabajo están unidas, se decide colocar el sistema de limpieza automática de nozzle y el nivelado en Z para la fresadora sobre la plancha de acero que las une. Así al cambiar de una superficie a otra, también cambiamos de un sistema a otro, *imagen 63*. Ambos sistemas se explicaran en los apartados siguientes.

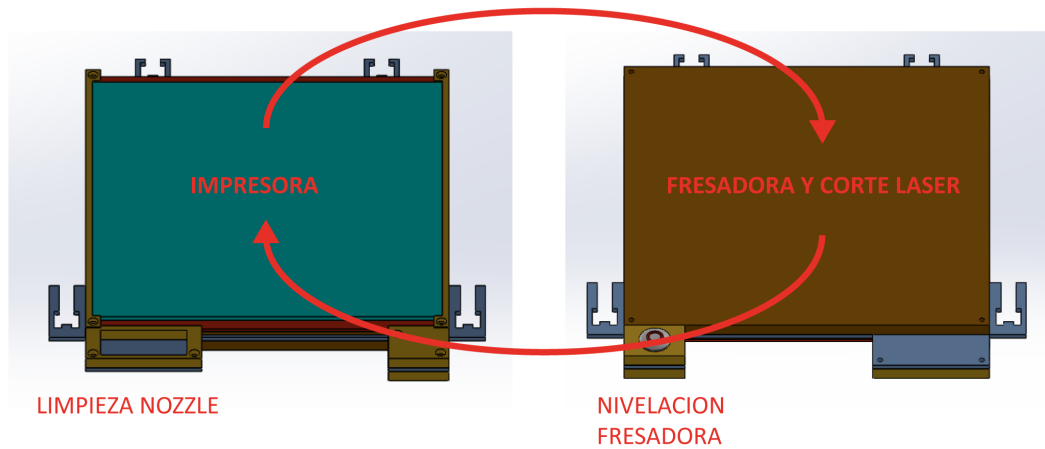


IMAGEN 63 Intercambio de sistema

La cama caliente esta formada por una lamina aislante de corcho en la parte de abajo, para conseguir un calentamiento mas rápido y mas estable. Después viene la placa PCB con resistencia que genera el calor y un cristal de borosilicato. El cristal de borosilicato es perfecto para la impresora, al no sufrir deformación por efectos del calor. Para mejorar la inercia térmica del conjunto, se aprietan con unas piezas de plástico, *imagen 64*.

La mesa de trabajo de la fresadora y el corte laser es una plancha de madera MDF, preparada para sufrir desgaste por el trabajo de las herramientas, y poder ser reemplazable, *imagen 64*. Lleva unas paredes laterales para colocar las piezas de presión que agarraran los materiales a fresar. Para el corte laser no hace falta agarrar los materiales, al ser un trabajo sin contacto.

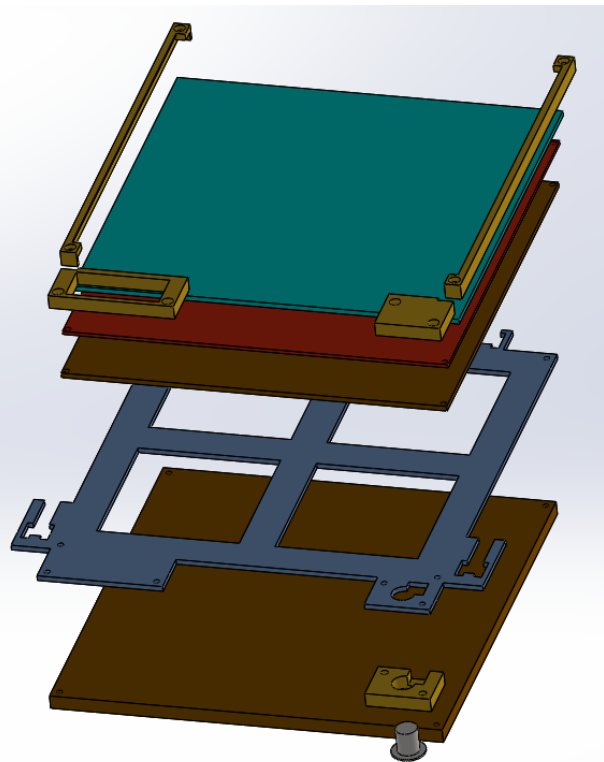


IMAGEN 64 Despiece superficie de trabajo

## 5.15 – NIVELACIÓN IMPRESORA Y CORTE LASER

La impresora se nivela en el eje X e Y con sendos finales de carrera, que indican a la maquina cuando llegan al punto home o (0,0,0). EL punto home esta 15 mm por delante de la esquina delantera izquierda, coincidiendo con el sistema de autolimpieza del nozzle. El punto de comienzo de trabajo es (0,15,0), *imagen 65*.

Para la nivelación en el eje Z, el mas importante, se decide utilizar un sistema totalmente automático. El firmware Marlin con el que se controla la maquina tiene una serie de instrucciones de autonivelado. Para ello se instala un sensor capacitivo, con un rango de detección de 1 a 5mm, en el carro multiherramienta. Este sensor hace un barrido de la cama tomando las medidas en las 4 esquinas, calculando la posible desviación del

plano que forma la superficie de impresión, *imagen 65*. Así va corrigiendo la posible desviación de la cama mientras imprime, subiendo o bajando en el eje Z. Una vez ha calculado el plano, nivela la herramienta, y ya esta lista para imprimir.



IMAGEN 65 Nivelación impresora y corte laser

plano que forma la superficie de impresión, *imagen 65*. Así va corrigiendo la posible desviación de la cama mientras imprime, subiendo o bajando en el eje Z. Una vez ha calculado el plano, nivela la herramienta, y ya esta lista para imprimir.

La nivelación del diodo laser es exactamente igual, pero al final del proceso hay que meter por software la distancia a aumentar en el eje Z, que será el grosor del material a trabajar, mas 20 milímetros. Como la lente del laser esta por encima del nivel del carro multiherramienta, se puede usar el sensor de auto nivel.

## 5.16 – NIVELACIÓN FRESADORA

La fresadora se nivela en el eje X e Y igual que la impresora, con 2 finales de carrera. El punto home coincide con un pulsador que hace las veces de final de carrera del eje Z, que se encuentra como en la impresora, a 15 mm por delante de la esquina delantera izquierda, *imagen 66*.

La nivelación en Z de la fresadora tiene que usar otro sistema, ya que su punto cero de trabajo debe ser el punto alto del material a fresar. Además su punto de comienzo de trabajo variara en función de la broca empleada. Por ello se decide instalar un pulsador en el punto home, para que la broca sea la que se calibre, *imagen 66*. Una vez la broca esta en el punto 0 real en Z, se introduce por software el grosor de la pieza mas 20 milímetros. La fresa estará lista para empezar a trabajar.

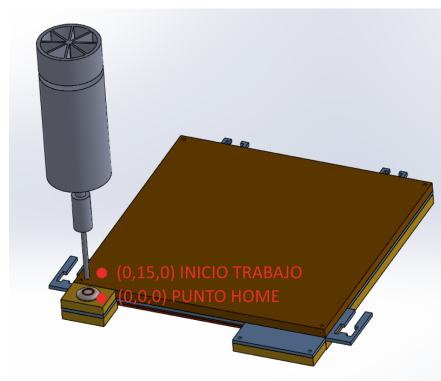


IMAGEN 66 Nivelación fresadora

## 5.17 – SISTEMA DE LIMPIEZA DEL NOZZLE

Después de cada impresión, hasta que el hotend se enfría hay una pequeña cantidad de plástico que sigue fluyendo, y que al enfriarse ensucia la punta del nozzle. Con la experiencia en impresión adquirida durante la realización de este proyecto, descubrí que frotando con alambre de acero a 100 grados la punta del nozzle, se eliminaba toda la suciedad sin dañar la punta, y sin que el plástico llegara a fluir de nuevo para ensuciar otra vez.

Para limpiar el nozzle de forma automática antes de cada impresión, se instala en el punto 0,0,0 de la maquina, donde se calibra el extrusor, un espacio lleno de alambre de acero, *imagen 67*. Se introduce en el firmware por código GCODE una instrucción que hace que la impresora se caliente hasta 100 grados y realice varios movimientos de 5 centímetros sobre el alambre de acero a alta velocidad antes de cada impresión, *imagen 68*. El nozzle estará listo para imprimir.

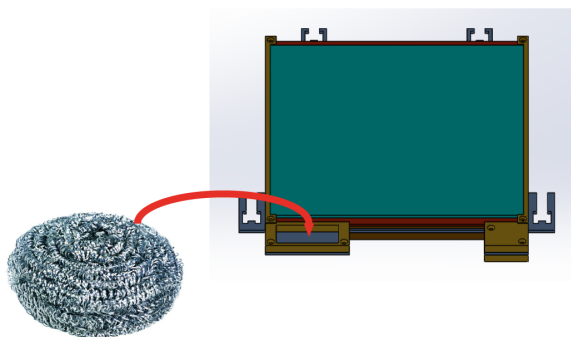


IMAGEN 67 Alambre de acero

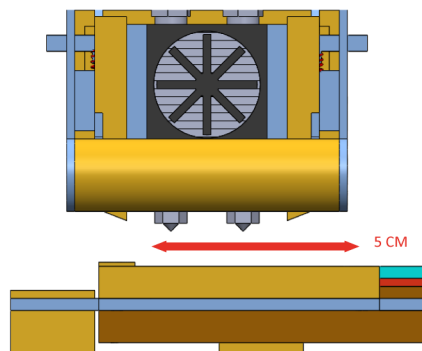


IMAGEN 68 Movimiento de limpieza

## 5.18 – SISTEMA ANTI LACA – BUILDTAK

Cualquiera que haya experimentado con la impresión 3D sabrá que tener que impregnar en laca la cama caliente es la peor parte del proceso. La laca sirve para que la primera capa de impresión se adhiera bien a la cama, imprescindible para obtener un buen resultado. Sino surge el efecto warping.

Una de la especificaciones críticas era diseñar un sistema de autolacado, para no ensuciar parte de la maquina al utilizarla, pero mantener la adherencia. Se pensó en colocar un rail a lo largo del eje Y, con un sistema de esponja impregnada en acetona o resina fenólica que dejaría una fina capa sobre la cama caliente. La acetona y la resina fenólica ayudan a la fijación de la primera capa.

Durante la realización del proyecto, se descubrió una lamina comercial de adherencia reutilizable, llamada BuildTak, que evitaba utilizar laca, por un precio asequible, *imagen 69*. La lamina se pega sobre el cristal de borosilicato. Se compro para experimentar con ella y el resultado fue muy satisfactorio. No se utilizaba laca, y la adherencia era mucho mejor. Se decide prescindir del sistema de acetona y utilizar la superficie BuildTak.



IMAGEN 69 Superficie BUILDTAK

## 5.19 - SISTEMA DE AGARRE DE LAS PIEZAS A FRESAR

Para fresar cualquier material debemos fijarlo muy bien a la mesa de trabajo. Como el punto home esta en la esquina delantera izquierda, se decide apretar los materiales hacia esa esquina. Al tener la mesa de trabajo unas paredes de plástico en su perímetro, resulta mucho mas fácil y efectivo que apretarlas en el punto central de la mesa.

Para fijar el material contra la esquina, se utiliza un cabezal con un sistema de palanca excéntrica de cierre rápido, y apoyos de plástico impresos hechos a medida. Con el sistema de giro excéntrico, conseguimos que en una posición la palanca ejerza presión, y al girarla libere la pieza. Puede ejercer una presión de 2mm, y el resto de espacio se ocupara con los apoyos hechos de plástico.

## 5.20 – INTERFACE Y CONECTIVIDAD

Para el manejo de la maquina por parte del usuario se ha incluido una pantalla TFT táctil de 2,8 pulgadas. Desde la pantalla se pueden acceder a todas las opciones de la maquina, como si la controlarás desde un PC. La pantalla cuenta con un puerto USB y un puerto miniSD, para poder utilizar la maquina de forma autónoma, *imagen 71* e *imagen 70*. La pantalla se ensambla con una carcasa imprimida en 3D, colocada en la parte superior izquierda de la impresora, con un sistema para poder girarla y ayudar a su visualización, *imagen 72*.



IMAGEN 70 Pantalla táctil



IMAGEN 71 Puerto USB y miniSD

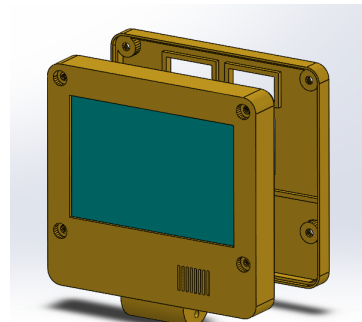


IMAGEN 72 Carcasa impresa

## 5.21 – SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Iluminar la maquina es necesario para ver como trabaja, y así poder calibrarla. Se pensó en instalar una lámpara con mango de tubo metálico flexible, como un flexo de escritorio, pero ocuparía mucho volumen. También se pensó en construir una lámpara plegable con piezas impresas, pero también ocuparía mucho volumen. Al final se decide instalar unas tiras de led en los laterales y en la parte superior de la estructura, que iluminen todo el volumen de trabajo, sin ocupar espacio, *imagen 73*. Además económicamente son mas aconsejables.



IMAGEN 73 Tira iluminación LED

## 5.22 – ESTRUCTURA

La estructura es el elemento principal de la maquina, sobre la que se ensamblan el resto de componentes. Es por ello que su diseño final ha ido evolucionando a medida que se desarrollaban el resto de elementos.

Durante el montaje de la Prusa P3Steel se comprobó que el eje Y del chasis estaba sobredimensionado a 440 mm para poder incluir bases de trabajo de 200x300mm. Como nuestra base de trabajo será de 200x200mm, vamos a tener 200 mm para jugar en el redimensionado de la maquina, *imagen 74*.

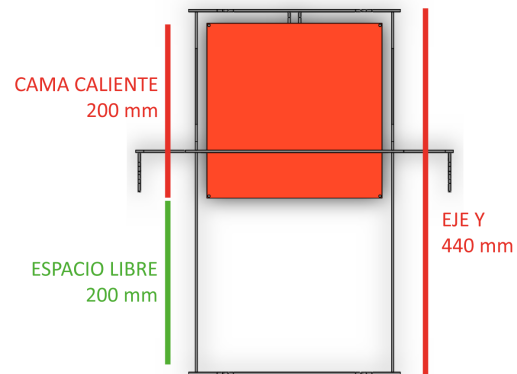


IMAGEN 74 Sobredimensión eje Y

Se ha mantenido el chasis principal, con el marco, los 2 laterales y la pieza frontal y trasera, y se han eliminado los apoyos de los motores y las guías del eje Z. Las escuadras se han reutilizado para las nuevas sujeciones de los motores del eje Z y para reforzar la parte trasera de la estructura. Se observa en la *imagen 75* e *imagen 76* en color negro.

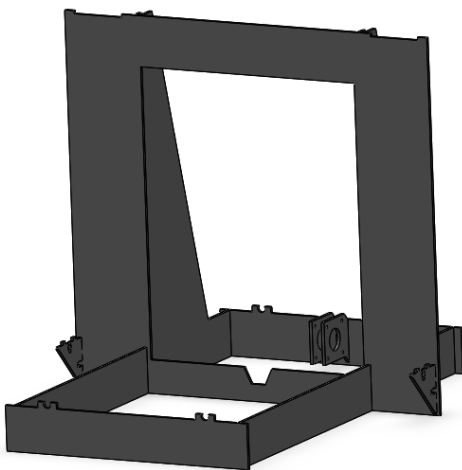


IMAGEN 75 Estructura original delante

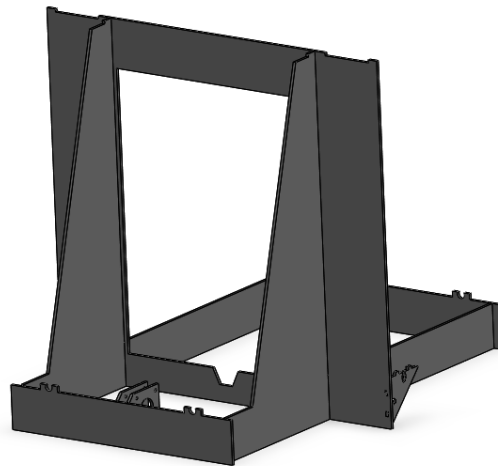


IMAGEN 76 Estructura original detrás

Se han diseñado los nuevos soportes para los motores del eje Z con las nuevas dimensiones de la maquina. Se ha incorporado un tirante delantero en cada lateral, para formar un conjunto solido y estable, sobre el que se moverá todo el eje X y Z. En la parte trasera, se han incorporado 2 tirantes traseros para servir de apoyo al sistema bowden y a la parte trasera de la carcasa. Toda la estructura se cierra verticalmente por una pieza horizontal que ensambla el marco, los laterales, los tirantes frontales y traseros, dando al conjunto de la maquina una gran robustez. Todas las piezas están fabricadas en acero de 3 mm, y se ensamblan con machihembrados y tornillería de M3. Se observa en la *imagen 77* e *imagen 78* en color azul.



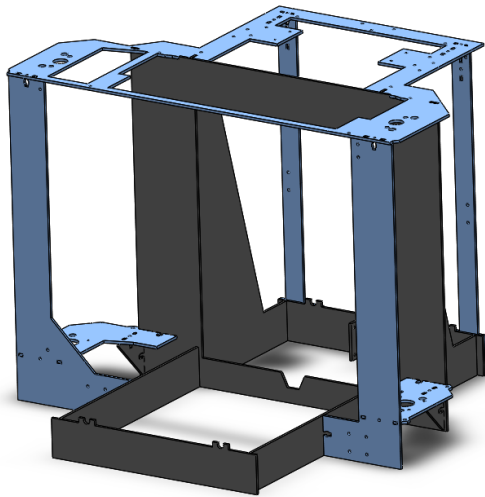


IMAGEN 77 Estructura final delante

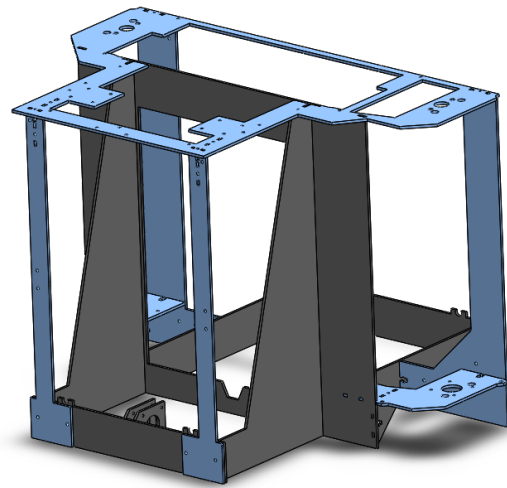


IMAGEN 78 Estructura final detrás

### 5.23 – CARCASA

La carcasa es el ultimo elemento a diseñar, y se ensamblara totalmente sobre la estructura. Estéticamente se ha diseñado de forma que recubriera toda la estructura, excepto la parte frontal, donde se ha dado un inclinación, suficiente para cubrir todo el volumen de trabajo, y romper con el resto de formas totalmente rectas. Toda la carcasa se ha diseñado con piezas impresas de plástico y placas de metacrilato transparente. Se ha diseñado así para poder ver todos los elementos de la maquina mientras trabaja como componente estético. Este tipo de maquina RepRap se monta por el propio usuario, y se considera atractivo poder ver todos los mecanismos en marcha entiendo su funcionamiento tras su montaje. Se puede observar la forma en la *imagen 79*.

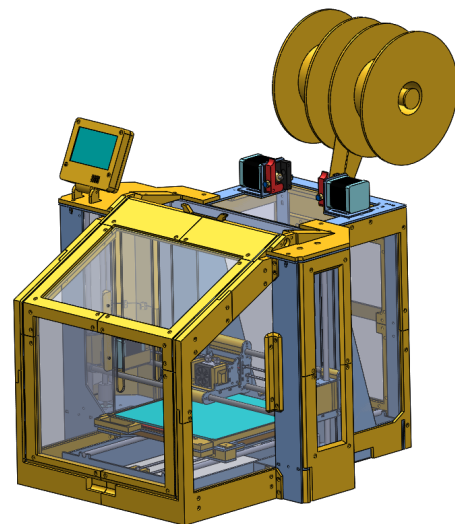


IMAGEN 79 Carcasa completa

Se ha segmentado la carcasa en 3 zonas, el volumen de trabajo y los laterales, *imagen 80*. Se hace así para evitar que la suciedad que se produce sobre todo al fresar no interfiera en el funcionamiento del eje Z. Todas las zonas cuentan con aperturas para poder acceder a todos los componentes de la maquina. A continuación explicamos cada zona.

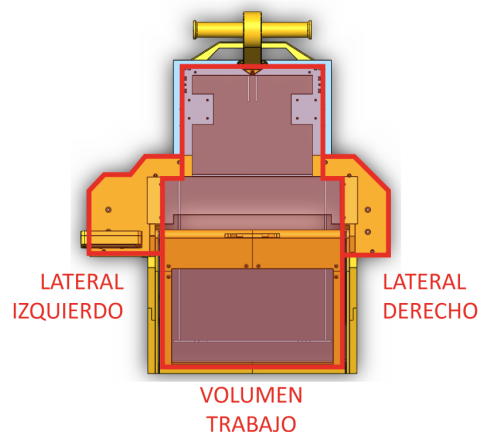


IMAGEN 80 Zonas de carcasa

### 5.23.1 - VOLUMEN DE TRABAJO

El cerramiento del volumen de trabajo se divide en 2 partes, la frontal y la trasera al marco del chasis. Para la parte frontal se diseñan 2 laterales con esquinas inclinadas. Debido a las limitaciones de tamaño de la maquina, 200 x 200 mm, cada lateral se realiza en 3 piezas, la parte vertical, la parte inclinada, y la parte horizontal. Estas 3 piezas se ensamblaran entre si a la vez que agarran la plancha de metacrilato, *imagen 81*. Para dar mayor resistencia al conjunto, las piezas encajan por solape, para que cada tornillo agarre las 2 piezas de plástico mas el metacrilato, *imagen 82*. Si se hicieran rectas toda la fuerza de unión recaería sobre el metacrilato. Para unir estas piezas a la maquina, se atornillan a la estructura en su parte baja, media y alta, *imagen 83*. Las planchas de metacrilato se unen también al marco por una pieza pequeña de plástico, *imagen 84*.

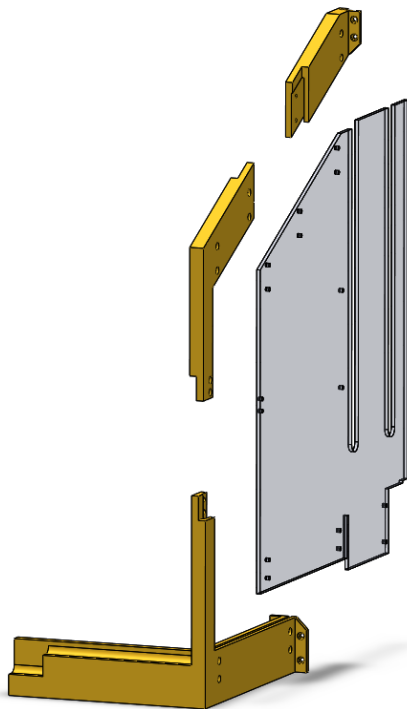


IMAGEN 81 Partes cerramiento

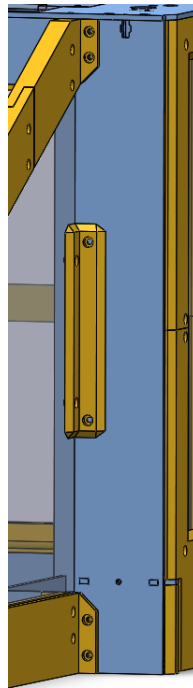


IMAGEN 83 Puntos agarre

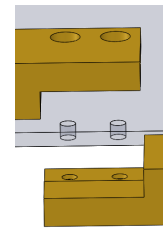


IMAGEN 82 Solape piezas

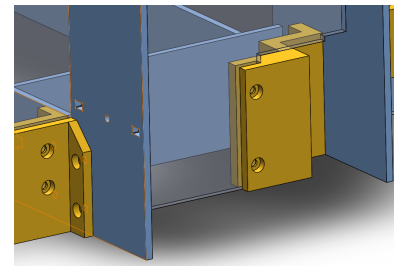


IMAGEN 84 Agarre metacrilato

Para el cerramiento trasero, se aprovecha la forma cubica de la estructura, y se diseñan piezas de plástico para sujetar las planchas de metacrilato, que a la vez sirven como marco para la puerta trasera, *imagen 85*. Se divide el espacio en 4 cuadrantes, las 2 esquinas superiores e inferiores.

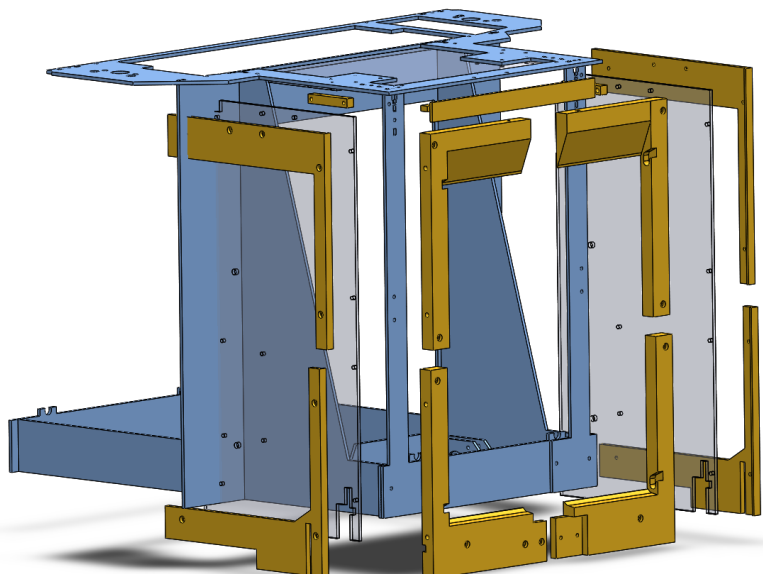


IMAGEN 85 Cerramiento volumen trasero



### 5.23.2 - APERTURA FRONTAL DE VOLUMEN DE TRABAJO

Para poder acceder a la parte delantera de la maquina, se diseña una puerta abatible hacia arriba, *imagen 86* e *imagen 87*. Al igual que la carcasa, debido a las limitaciones de tamaño de la maquina, se divide la puerta en 2 laterales de 3 piezas, vertical, inclinada y horizontal. Para la unión de todo el conjunto, se añaden 2 piezas de aluminio de 2mm, una por cada lateral, con toda la forma de la pieza, *imagen 88*. Se decide así por que la puerta, al ser un elemento móvil, va a estar sometida a esfuerzo, y solo con piezas de plástico será inestable y acarreará problemas futuros. Para que la puerta cierre bien, queda apoyada sobre la pieza horizontal de la estructura, y sobre las piezas de la carcasa frontal.

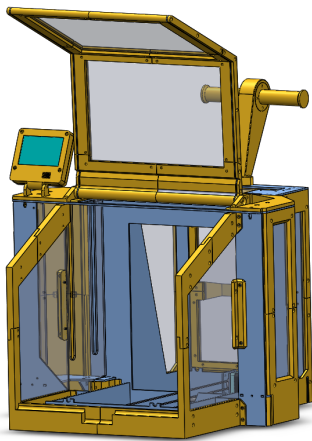


IMAGEN 86 Puerta abierta

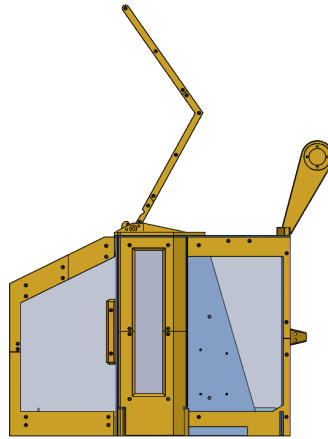


IMAGEN 87 Perfil abertura

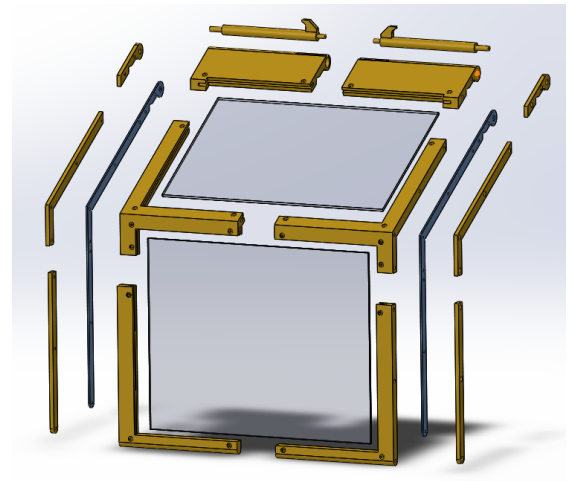


IMAGEN 88 Despiece puerta

Para que su funcionamiento sea cómodo, se deja una apertura en su apoyo inferior para poder agarrarla con los dedos y subirla, *imagen 89*. Se ha diseñado de tal manera que la puerta pueda quedarse abierta completamente. Para ello, los soportes se han definido con una inclinación suficiente para que la puerta apoye sobre ellos y se quede fija, *imagen 90* e *imagen 91*. En caso de necesitar mas espacio, la puerta se puede retirar. Se ha diseñado un sistema de bulones retractiles, que se accionan con 2 pestañas con muelle en la parte superior. Los muelles empujan los bulones hacia afuera, para encajar en los rodamientos del soporte de la carcasa, pero si se tira de las palancas, los bulones se recogen, y la puerta se puede quitar y poner. Se observa en la *imagen 92* e *imagen 93*.

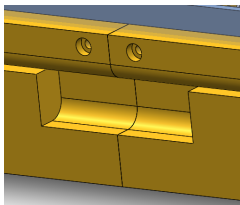


IMAGEN 89 Agarre para abrir

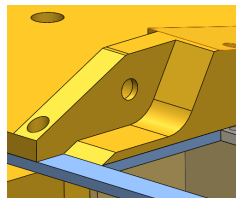


IMAGEN 90 Detalle 1 apoyo

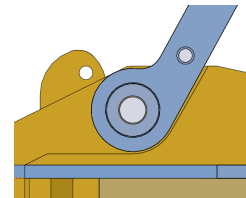


IMAGEN 91 Detalle 2 apoyo

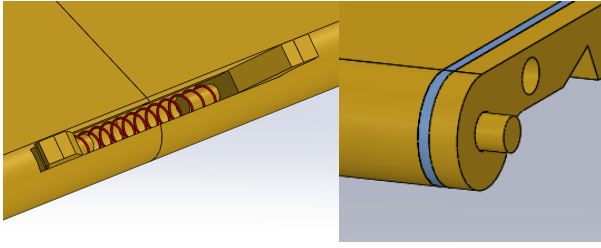


IMAGEN 92 Muelle libre

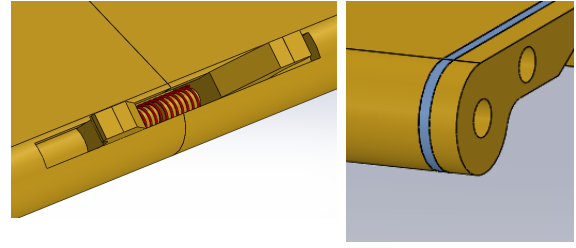


IMAGEN 93 Muelle comprimido

### 5.23.5 - APERTURA TRASERA DEL VOLUMEN DE TRABAJO

Para acceder a la parte trasera de la maquina se diseña una puerta que se puede poner y quitar. La puerta esta formada por 4 piezas de plastico, una en cada esquina, *imagen 94*. La puerta cuenta con 4 bulones, 2 en cada lateral, arriba y abajo, que encajaran en el marco de la carcasa por 4 ranuras preparadas. La puerta encajara por gravedad, y para ponerla y quitarla habrá que tirar de ella hacia arriba, con un asa diseñada para esa función, *imagen 95*. Para ayudar a que la colocación sea cómoda, la zona de la carcasa donde entra la puerta se ha diseñado con inclinación para hacer de guía.

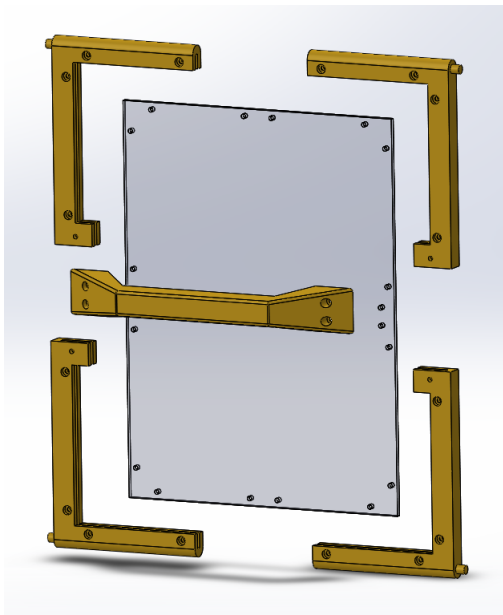


IMAGEN 94 Despiece puerta

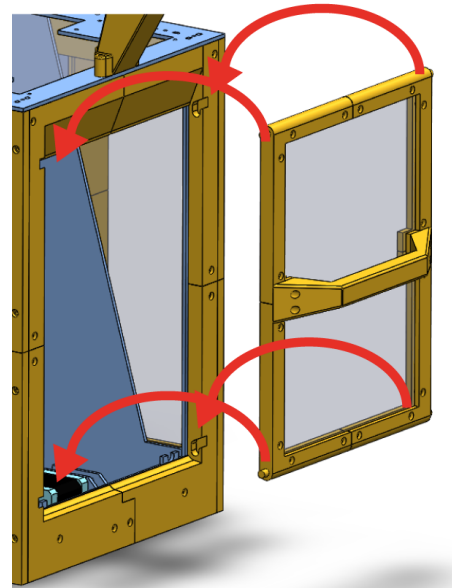
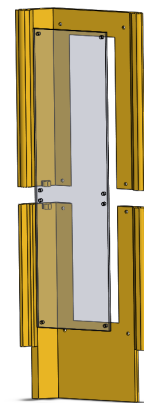


IMAGEN 95 Colocación puerta

### 5.23.4 - ZONAS LATERALES

Las 2 zonas laterales de la maquina son iguales en diseño, pero la zona izquierda es mas ancha al tener que incluir el motor. Como la plancha de metacrilato del volumen delantero de trabajo ya cierra ese espacio de los laterales, solo hay que cerrar la parte exterior. Para ello se diseñan los laterales de forma que cierren la estructura completamente. Se divide cada lateral en 2 piezas, la superior y la inferior, que se unirán por tornillería y ensamblaran la plancha de metacrilato, *imagen 96*. En la zona alta de la estructura, se diseñan 2 piezas horizontales, que sirven de apoyo para la puerta frontal y para la pantalla táctil, *imagen 97*.

IMAGEN 96  
Despiece lateral

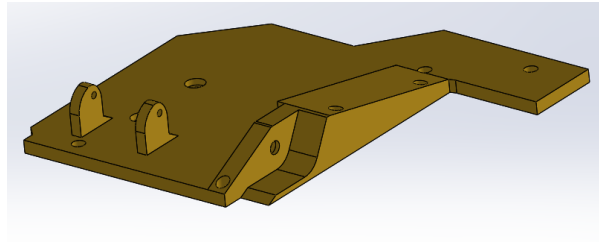


IMAGEN 97 Pieza superior lateral

### 5.23.5 - APERTURA ZONAS LATERALES

Su apertura se hace por sistema de bisagras. Se utilizan tornillos de M4 que se introducen en los agujeros de las piezas de plástico, para poder abrirse, *imagen 98*. En la zona de encaje, el tornillo de la parte superior se soltara para liberar la bisagras y se apretara para cerrar la puerta, *imagen 99*. El tornillo de bisagra es de 70 mm para conseguir un conjunto fuerte, y el tornillo de agarre es de 20mm, para que sea cómodo de utilizar para el usuario. Se hará rosca de M4 en la estructura para no necesitar tuercas. En la zona inferior, la puerta tendrá una ranura para que encaje el tornillo, de forma que la carcasa no pueda hundirse hacia adentro, *imagen 100*. Se han diseñado 2 piezas de plástico para poder incorporar los tornillos inferiores, *imagen 101*.

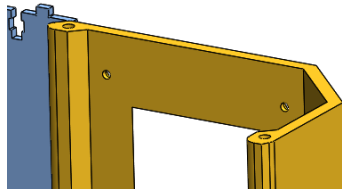
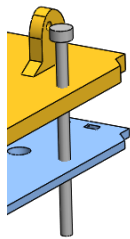


IMAGEN 98 Bisagra

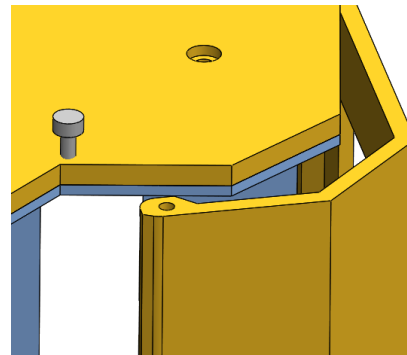


IMAGEN 99 Tornillo apertura

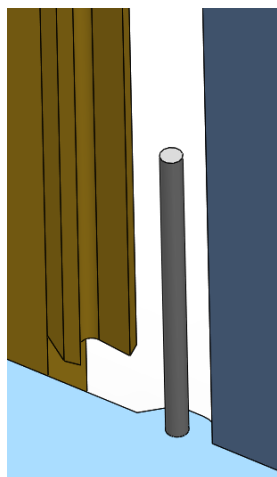


IMAGEN 100 Protección lateral

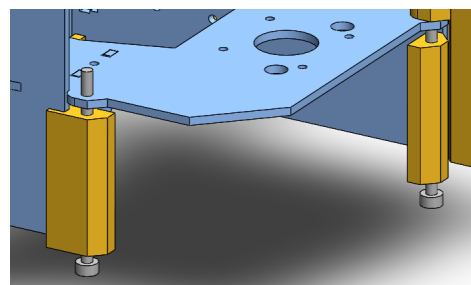


IMAGEN 101 Pieza tornillo inferiores

## 5.24 – ELECTRÓNICA

El apartado de control de la maquina, electrónica y programación, es competencia de otras titulaciones.

A modo de resumen, para la función de impresora 3D y cortadora laser se utiliza el mismo firmware, Marlin, pero para la función de fresadora se usa el firmware GRBL. Para pasar de una función a otra habrá que cambiar de firmware e introducir diferentes valores de calibración. Lo ideal seria poder diseñar una placa electrónica y un firmware y software propio para controlar todas las funciones de la maquina.

En el siguiente esquema se van a representar las conexiones de los diferentes elementos de la maquina, *imagen 102*.

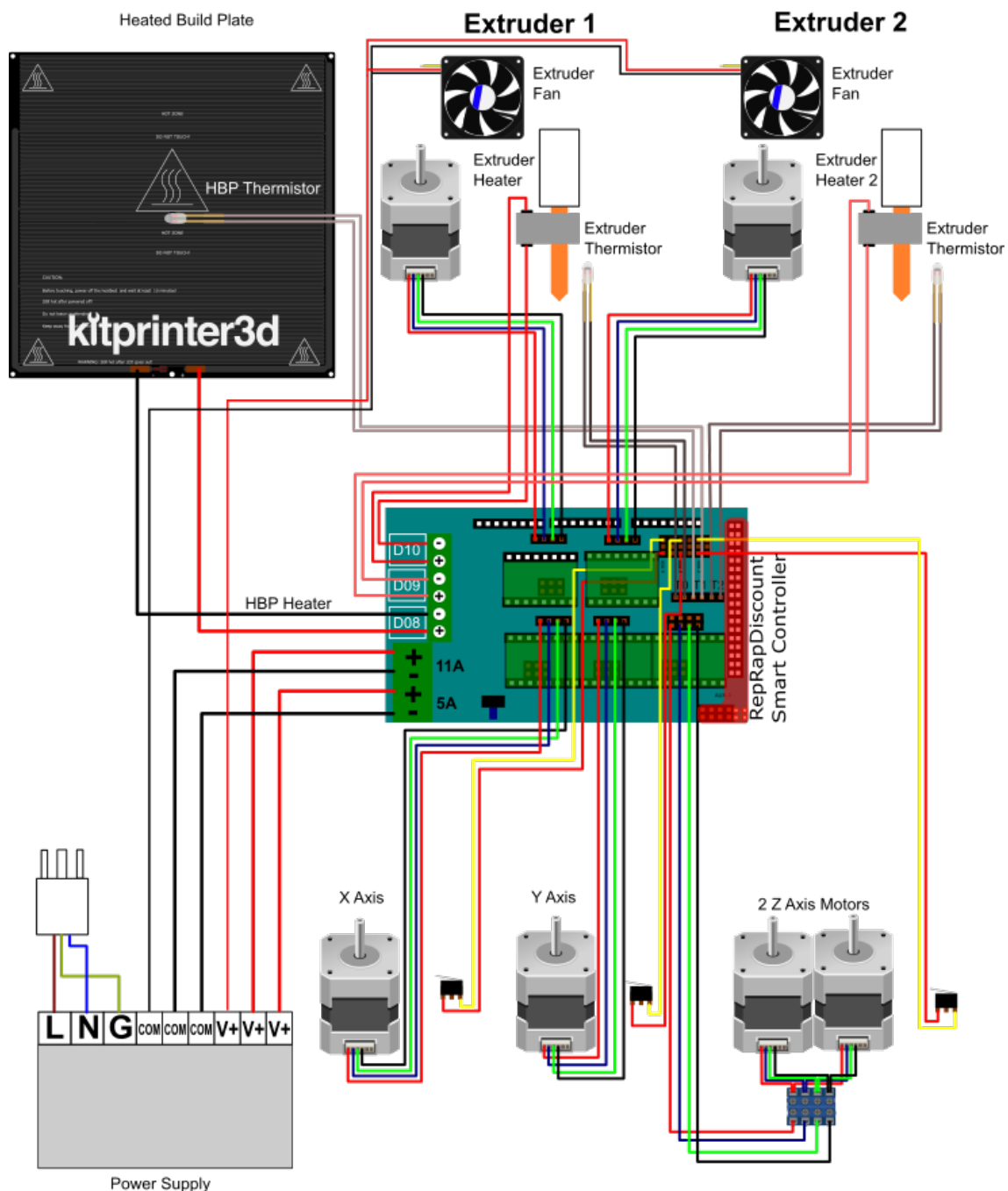


IMAGEN 102 Esquema eléctrico

A continuación se describe la secuencia de uso que ofrecería la maquina con un hardware y software propio. Todo el manejo se haría desde una pantalla táctil.

## **INICIO**

1. Encender la maquina
2. Seleccionar archivo de trabajo
3. Seleccionar herramienta

## **IMPRESORA 3D**

1. Apertura de puerta
2. Colocar cama caliente en posición
3. Instalar extrusor
4. Cerrar puerta
5. Comprobación de filamento cargado en el extrusor
6. Seleccionar resolución de trabajo
7. Comprobación de hotend y nozzle instalado
8. Nivelación de cama caliente
9. IMPRIMIR
10. Aviso trabajo terminado
11. Apertura de puerta y retirar pieza impresa

## **FRESADORA**

1. Apertura de puerta
2. Colocar mesa de trabajo en posición
3. Instalar fresadora
4. Colocación de broca
5. Nivelación mesa de trabajo
6. Colocar material a fresar
7. Cerrar puerta
8. Introducir espesor de material a fresar
9. FRESADO
10. Aviso de trabajo terminado
11. Apertura de puerta y retirar material fresado

## **CORTE LASER**

1. Apertura de puerta
2. Colocar mesa de trabajo en posición
3. Instalar diodo laser
4. Nivelación mesa de trabajo
5. Colocar material a cortar
6. Cerrar puerta
7. Recordatorio de gafas de seguridad
8. Introducir espesor material a cortar
9. CORTE LASER
10. Aviso de trabajo terminado
11. Apertura de puerta y retirar material cortado

## CAPITULO 6 : ENSAMBLAJE DE LA MAQUINA

Durante la fase de diseño de elementos se tenía muy presente que todas las piezas debían poderse ensamblar de una forma sencilla, siempre desde la base hacia arriba. Para todo la maquina se utilizara el sistema de tornillería M3 e insertos de platico definido en el capitulo 6. El orden de ensamblaje de toda la maquina es el siguiente

### 6.1 – ESTRUCTURA

Se comienza montando toda la estructura metálica excepto la pieza horizontal superior. Se ensambla el marco con los laterales, y la pieza delantera y trasera. FOTO. Después se colocan las piezas de soporte de los motores del eje Z con sus escuadras. Por ultimo se instalan los frontales nuevos del eje Z, y las traseras nuevas con sus escuadras. Todo se aprieta con tornillería M3.

*Imagen 103.*

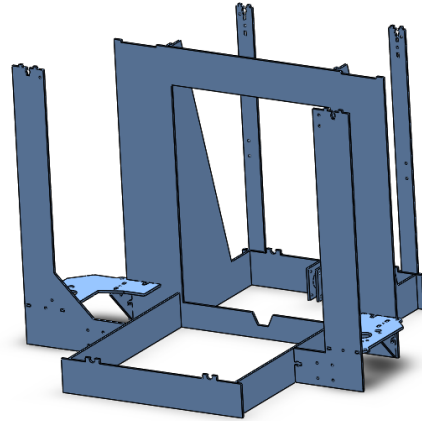


IMAGEN 103 Estructura

### 6.2 – BASE DE TRABAJO Y GUÍAS EJE Y

Se monta la base de trabajo atornillando los rodamientos y las 4 bases para la cama. Se introducen los rodamientos en las guías y se colocan sobre la estructura. Después se coloca la cama caliente con la mesa de trabajo ya ensambladas. *Imagen 104.*

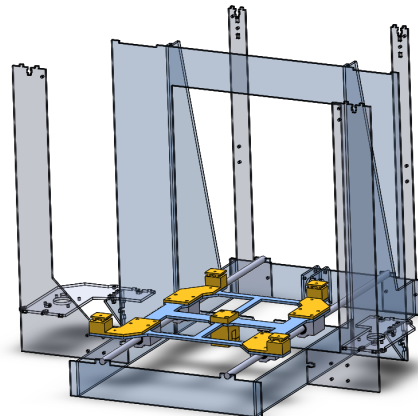


IMAGEN 104 base de trabajo

### 6.3 – MOTORES Y GUÍAS EJE Z

Se colocan los 2 motores de los ejes Z con tornillería, las 4 guías y las 2 varillas trapezoidales. *Imagen 105.*

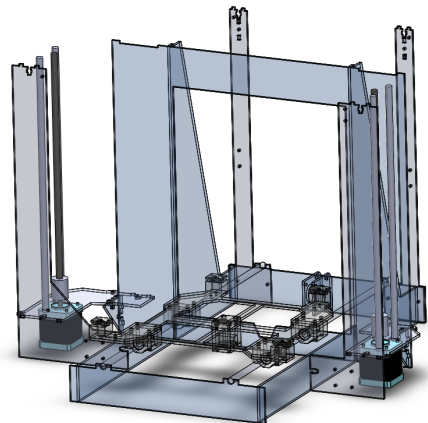


IMAGEN 105 Motores y guías Z

## 6.4 – CARCASA DELANTERA

Se colocan las 2 planchas de metacrilato juntos con las piezas impresas que forman la carcasa delantera. Es necesario instalarlas ahora para poder introducir desde arriba las guías del eje X. *Imagen 106.*

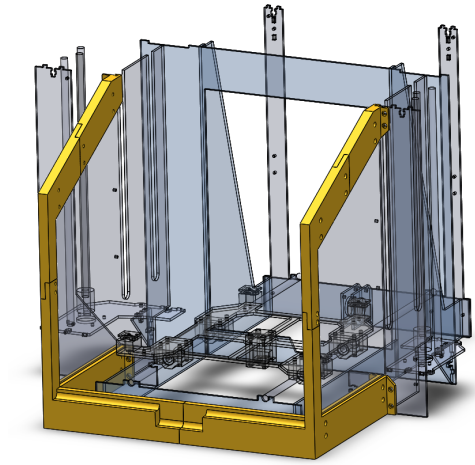


IMAGEN 106 Carcasa delantera

## 6.5 – CARRO MULTIHERRAMIENTA, CARROS VERTICALES Y GUÍAS EJE X

Con el carro multiherramienta y los carros verticales montados como se indica en el capítulo 6, se ensamblan junto con las guías del eje X formando un conjunto propio. Todo el conjunto se instala a la vez. Se coloca sobre las guías de Z y las varillas trapezoidales. Se giran a mano simultáneamente las 2 varillas y todo el conjunto se va insertando por la acción de los husillos. *Imagen 107.*

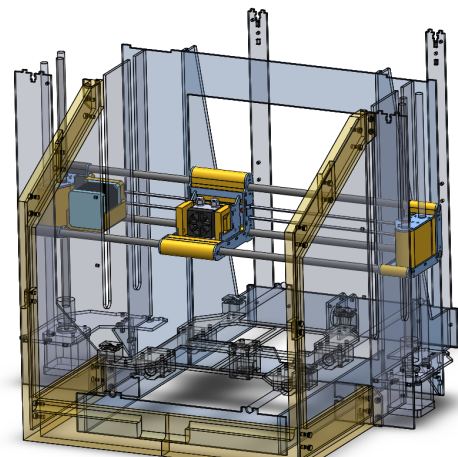


IMAGEN 107 Carro multiherramienta

## 6.6 – CARCASA TRASERA

Se instalan las piezas laterales de metacrilato, y posteriormente los marcos de impresos. Después se colocan las 4 piezas de plástico que sirven de marco para la puerta trasera. *Imagen 108.*

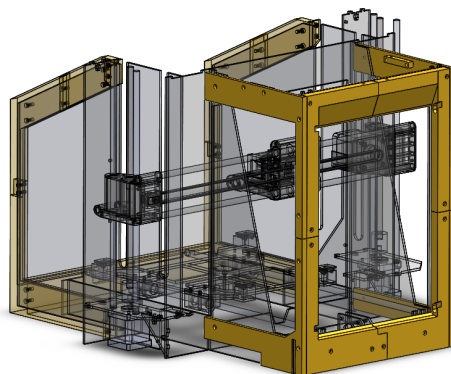


IMAGEN 108 Carcasa trasera



## 6.7 – CARCASAS LATERALES

Con las carcasas laterales montadas como se indica en el capítulo 6, se ensamblan en la estructura colocando primero las 2 piezas inferiores de plástico con los tornillos que harán de bisagras. La forma de las 2 piezas encaja perfectamente con las piezas de la estructura, evitando que puedan rotar. Después se instalan desde arriba las propias carcasas. *Imagen 109.*

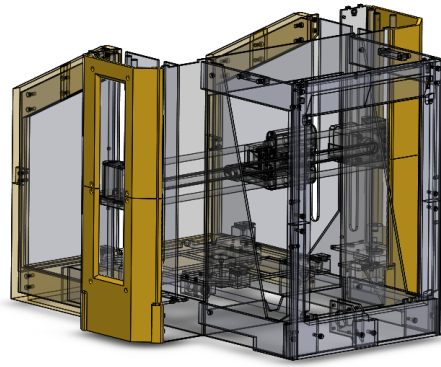


IMAGEN 109 Carcasas lateral

## 6.8 – PIEZA HORIZONTAL SUPERIOR DE LA ESTRUCTURA Y SISTEMA BOWDEN

Sobre esta pieza se instalan por tornillería la plancha de metacrilato superior y las 2 piezas de plástico horizontales de los laterales de la máquina, que sirven de apoyo para la puerta delantera. También se instalan por tornillería los 2 motores empujadores del sistema bowden, y el portabobinas de filamento. *Imagen 110.*

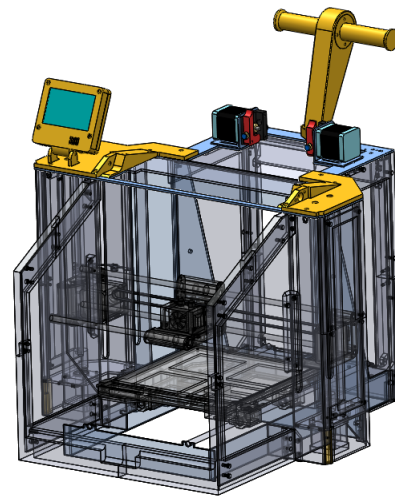


IMAGEN 110 Estructura superior

## 6.9 – PUERTA DELANTERA Y TRASERA

Se instalan las puertas como se indica en capítulo 6. *Imagen 111 e imagen 112.*

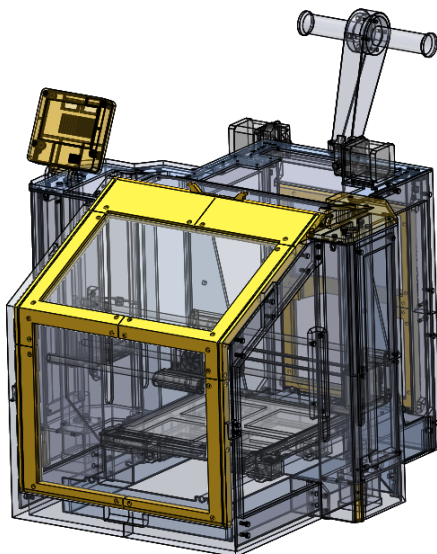


IMAGEN 111 Puerta frontal

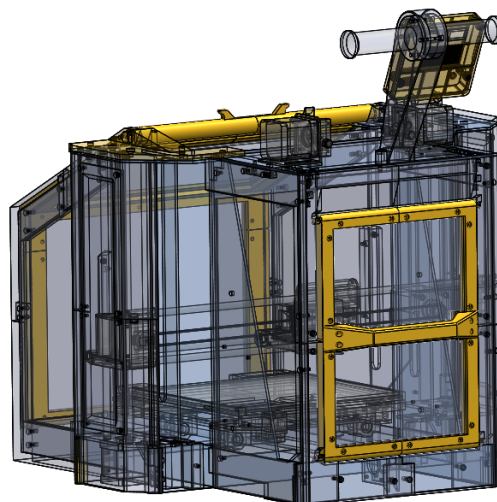


IMAGEN 112 Puerta trasera



## 6.10 – ELECTRÓNICA

Se instala la placa Arduino y la placa RAMPS en el lateral izquierdo de la maquina, y la fuente de alimentación en el lateral derecho. Se conectan todos los elementos electrónicos con sus cables correspondientes. La maquina esta completamente montada, *imagen 113*.

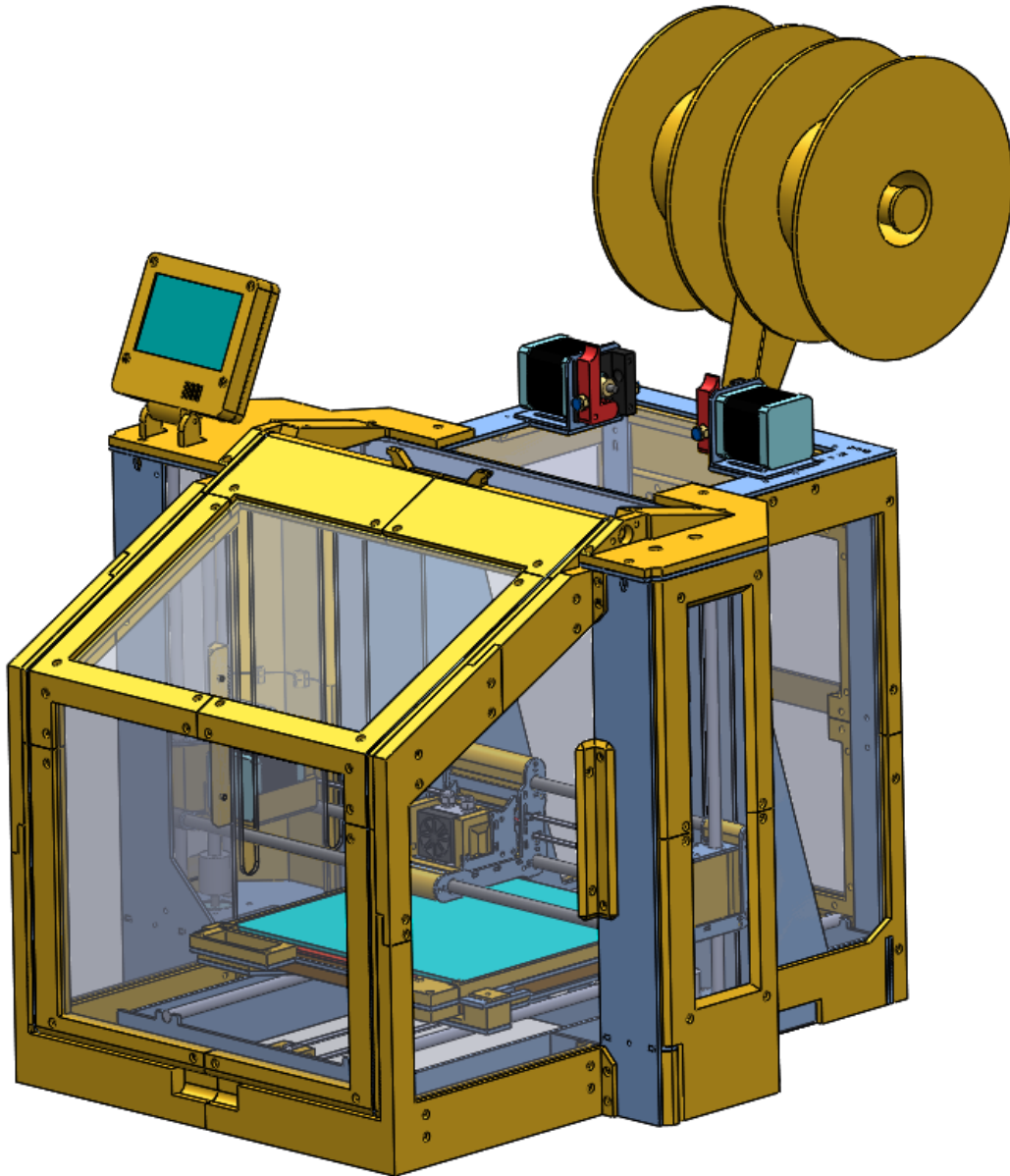


IMAGEN 113 Ensamblaje completo

## **CAPITULO 7 : PROTOTIPO FUNCIONAL**

Para la fecha de defensa del trabajo estará terminado un prototipo funcional que se mostrara en la presentación. El prototipo estará completo a excepción de la carcasa y de la herramienta de corte laser, que se instalaran en un futuro.

A continuación se muestra un presupuesto resumido de todos los componentes necesarios. Destacar que el precio sigue siendo inferior al de cualquier maquina multiherramienta analizada en el estudio de mercado con las mismas características.

### **7.1 – PRESUPUESTO**

<b>PRUSA P3STEEL ORIGINAL.....</b>	<b>350€</b>
<b>ESTRUCTURA .....</b>	<b>200€</b>
Piezas de acero de 3mm troqueladas, planchas de metacrilato	
<b>SISTEMA DE TRANSMISIÓN Y TRACCIÓN .....</b>	<b>20€</b>
Rodamientos, guías, husillos	
<b>HERRAMIENTAS.....</b>	<b>210€</b>
Extrusor, superficie BuildTak .....	40€
Fresadora .....	90€
Diodo Laser .....	80€
<b>CARRO MULTIHERRAMIENTAS Y CARROS VERTICALES Z .....</b>	<b>100€</b>
Piezas de aluminio de 2 mm troqueladas	
<b>ELECTRÓNICA.....</b>	<b>35€</b>
Drivers de potencia DRV8825, pantalla táctil, tiras de LED	
<b>BOBINA PLA PARA PIEZAS IMPRESAS .....</b>	<b>20€</b>
Todas las piezas impresas necesarias para la maquina	
<b>TOTAL.....</b>	<b>935€</b>

## **CAPITULO 8 : LÍNEAS FUTURAS DE DESARROLLO**

Para dar por finalizado el trabajo, se enumeran posibles vías de ampliación surgidas a medida que se desarrollaba el proyecto. Son las siguientes:

1. Investigar los distintos tipos de materiales para imprimir. Se podrían hacer unas bases antivibratorias con plástico flexible, a modo de silenblocks. También se podría incluir material flexible en la base de apoyo de la puerta delantera de la carcasa.
2. Diseñar un extrusor para materiales alimenticios, como chocolate, bizcocho, espumas, etc. Se utilizaría una deposito con una boquilla y un pistón extrusor accionado por un motor NEMA17.
3. Instalar un sistema de extracción de viruta para la fresadora
4. Instalación de engrasadores impresos para la transmisión del eje X
5. Utilizar la fresadora para desarrollar placas PCB
6. Incluir una cámara de video para poder grabar los trabajos
7. Diseñar un escáner para poder reconocer e imprimir objetos, como si fuera una fotocopidora de objetos.

## **CAPITULO 9 : CONCLUSIONES**

Llegados al final del trabajo, valoramos de forma satisfactoria el resultado. Se han cumplido los objetivos propuestos y aplicado la mayoría de especificaciones de producto. Se ha profundizado mucho en el aprendizaje de la tecnología de impresión 3D, y se ha adquirido una base de conocimiento para seguir desarrollando la maquina en el futuro.

Se ha desarrollado una maquina multiherramienta funcional que amplía considerablemente las opciones de fabricación respecto a una impresora 3D básica. Permite la posibilidad de trabajar sobre materiales plásticos, maderas, acrílicos, espumas, papel, cartón, cartulina y cuero, ofreciendo soluciones variadas para el mundo de la maquetación y el prototipado.

Las fases que ha supuesto mayores complicaciones ha sido el diseño de elementos propios y el ensamblaje de la maquina. A medida que aumentaba el numero de componentes diseñados, se hacia mas difícil encontrar la forma de ensamblarlos de una manera racional y cómoda para el usuario. El software de diseño SolidWorks ha sido imprescindible.

Poder resumir todo el trabajo desarrollado en tan solo 20 paginas o 10000 palabras ha supuesto un gran reto dentro del propio proyecto. La totalidad del documento memoria ocupa 10994 palabras y tiene 113 referencias a imágenes.

## CAPITULO 10 : IMÁGENES DE LA MAQUINA

